
AA 3341 3

ŒUVRES

COMPLÈTES

DE BUFFON.

TOME III.

IMPRIMERIE ET FONDERIE DE RIGNOUX ET C[e], RUE DES FRANCS-BOURGEOIS-S.-MICHEL, 8.

ŒUVRES

COMPLÈTES

DE BUFFON.

ÉDITION REVUE

PAR M. A. RICHARD,

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

HISTOIRE DES MINÉRAUX.

ÉPOQUES DE LA NATURE.

PARIS.

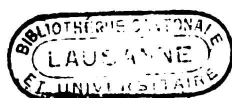
POURRAT FRÈRES, ÉDITEURS,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5;

RORET, LIBRAIRE,

RUE HAUTEFEUILLE, 10 *bis*.

M DCCC XXXV.


BIBLIOTHÈQUE CANTONALE
LAUSANNE
ET UNIVERSITAIRE

SUITE DE L'INTRODUCTION

A L'HISTOIRE

DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

SIXIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA LUMIÈRE ET SUR LA CHALEUR QU'ELLE PEUT PRODUIRE.

ARTICLE PREMIER.

Invention de miroirs pour brûler à de grandes distances.

L'histoire des miroirs ardents d'Archimède est fameuse; il les inventa pour la défense de sa patrie, et il lança, disent les anciens, le feu du soleil sur la flotte ennemie, qu'il réduisit en cendres lorsqu'elle approcha des remparts de Syracuse. Mais cette histoire, dont on n'a pas douté pendant quinze ou seize siècles, a d'abord été contredite, et ensuite traitée de fable dans ces derniers temps. Descartes, né pour juger et même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention, et son opinion a prévalu sur les témoignages et sur la croyance de toute l'antiquité : les physiciens modernes, soit par respect pour leur philosophe, soit par complaisance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guère aux anciens que ce qu'on ne peut leur ôter : déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour-propre ne se sert que trop souvent sans qu'on s'en aperçoive, n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuser ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés? et si notre siècle refuse plus qu'un autre, ne seroit-ce pas, qu'étant plus éclairé, il croit avoir plus de droits à la gloire, plus de prétentions à la supériorité?

Quoi qu'il en soit, cette invention étoit dans le cas de plusieurs autres découvertes de l'antiquité qui se sont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver; et les miroirs ardents d'Archimède étoient si décriés, qu'il ne paroissoit pas possible d'en rétablir la réputation; car, pour appeler du jugement de Descartes, il falloit quelque chose de plus fort que des raisons, et il ne restoit

qu'un moyen sûr et décisif, à la vérité, mais difficile et hardi; c'étoit d'entreprendre de trouver les miroirs, c'est-à-dire d'en faire qui puissent produire les mêmes effets. J'en avois conçu depuis long-temps l'idée, et j'avouerai volontiers que le plus difficile de la chose étoit de la voir possible, puisque, dans l'exécution, j'ai réussi au-delà même de mes espérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes distances, comme de cent, de deux cents et trois cents pieds. Je savois en général qu'avec les miroirs par réflexion l'on n'avoit jamais brûlé qu'à quinze ou vingt pieds tout au plus, et qu'avec ceux qui sont réfringents la distance étoit encore plus courte, et je sentois bien qu'il étoit impossible, dans la pratique, de travailler un miroir de métal ou de verre avec assez d'exactitude pour brûler à ces grandes distances; que pour brûler, par exemple, à deux cents pieds, la sphère ayant dans ce cas huit cents pieds de diamètre, on ne pouvoit rien espérer de la méthode ordinaire de travailler les verres; et je me persuadai bientôt que quand même on pourroit en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal une courbure aussi légère, il n'en résulteroit encore qu'un avantage très peu considérable, comme je le dirai dans la suite.

Mais, pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumière du soleil perdoit par la réflexion à différentes distances, et quelles sont les matières qui la réfléchissent le plus fortement. Je trouvai, premièrement, que les glaces entamées, lorsqu'elles sont polies avec un peu de soin, réfléchissent plus puissamment la lumière que les métaux les mieux polis, et même mieux que le métal composé dont on se sert pour faire des miroirs de télescopes, et que quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la surface, et l'autre à l'intérieur, elles ne laissent pas de donner une lumière plus vive et plus nette que le métal, qui produit une lumière colorée.

En second lieu, en recevant la lumière du soleil dans un endroit obscur, et en le comparant avec cette même lumière du soleil réfléchie par une glace, je trouvai qu'à de petites

distances, comme de quatre ou cinq pieds, elle ne perdoit qu'environ moitié par la réflexion; ce que je jugeai en faisant tomber sur la première lumière réfléchie une seconde lumière aussi réfléchie; car la vivacité de ces deux lumières réfléchies me parut égale à celle de la lumière directe.

Troisièmement, ayant reçu à de grandes distances, comme à cent, deux cents et trois cents pieds, cette même lumière réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdoit presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle avoit à traverser.

Ensuite je voulus essayer les mêmes choses sur la lumière des bougies; et, pour m'assurer plus exactement de la quantité d'affoiblissement que la réflexion cause à cette lumière, je fis l'expérience suivante.

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obscurité de la nuit étoit entière, et où je ne pouvois distinguer aucun objet; je fis allumer dans une chambre voisine, à quarante pieds de distance environ, une seule bougie, et je la fis approcher peu à peu, jusqu'à ce que je pusse distinguer les caractères et lire le livre que j'avois à la main : la distance se trouva de vingt-quatre pieds du livre à la bougie. Ensuite, ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire par cette même lumière réfléchie, et je fis intercepter par un paravent la partie de la lumière directe qui ne tomboit pas sur le miroir, afin de n'avoir sur mon livre que la lumiere réfléchie : il falloit approcher la bougie, ce qu'on fit peu à peu, jusqu'à ce que je pusse lire les mêmes caractères éclairés par la lumière réfléchie; et alors la distance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'étoit que d'un demi-pied, se trouva être en tout de quinze pieds. Je répétai cela plusieurs fois, et j'eus toujours les mêmes résultats à très peu près; d'où je conclus que la force ou la quantité de la lumière directe est à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225. Ainsi l'effet de la lumière de cinq bougies reçues par une glace plane est à peu près égal à celui de la lumière directe de deux bougies.

La lumière des bougies perd donc plus par la réflexion que la lumière du soleil; et cette différence vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre tombent plus obliquement sur le miroir que les rayons du soleil, qui viennent presque parallèlement. Cette expérience confirma donc ce que j'avois trouvé d'abord, et je tins pour sûr que la lumière du soleil ne perd qu'environ moitié par sa réflexion sur une glace de miroir.

Ces premières connoissances dont j'avois besoin étant acquises, je cherchai ensuite ce que deviennent en effet les images du soleil lorsqu'on les reçoit à de grandes distances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, considérer les rayons du soleil comme parallèles, et il faut se souvenir que le corps du soleil occupe à nos yeux une étendue d'environ 32 minutes; que par conséquent les rayons qui partent du bord supérieur du disque, venant à tomber sur un point d'une surface réfléchissante, les rayons qui partent du bord inférieur, venant à tomber aussi sur le même point de cette surface, ils forment entre eux un angle de 32 minutes dans l'incidence, et ensuite dans la réflexion, et que par conséquent l'image doit augmenter de grandeur à mesure qu'elle s'éloigne. Il faut de plus faire attention à la figure de ces images : par exemple, une glace plane carrée d'un demi-pied, exposée aux rayons du soleil, formera une image carrée de six pouces, lorsqu'on recevra cette image à une petite distance de la glace, comme de quelques pieds; en s'éloignant peu à peu, on voit l'image augmenter, ensuite se déformer, enfin s'arrondir et demeurer ronde, toujours en s'agrandissant, à mesure qu'elle s'éloigne du miroir. Cette image est composée d'autant de disques du soleil qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante : le point du milieu forme une image du disque, les points voisins en forment de semblables et de même grandeur qui excèdent un peu le disque du milieu; il en est de même de tous les autres points, et l'image est composée d'une infinité de disques, qui, se surmontant régulièrement et anticipant circulairement les

uns sur les autres, forment l'image irréfléchie dont le point du milieu de la glace est le centre.

Si l'on reçoit l'image composée de tous ces disques à une petite distance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image est de la même figure et à peu près de la même étendue que la glace. Si la glace est carrée, l'image est carrée; si la glace est triangulaire, l'image est triangulaire : mais lorsqu'on reçoit l'image à une grande distance de la glace, où l'étendue qu'occupent les disques est beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conserve plus la figure carrée ou triangulaire de la glace; elle devient nécessairement circulaire : et, pour trouver le point de distance où l'image perd sa figure carrée, il n'y a qu'à chercher à quelle distance la glace nous paroît sous un angle égal à celui que forme le corps du soleil à nos yeux, c'est-à-dire sous un angle de 32 minutes; cette distance sera celle où l'image perdra sa figure carrée, et deviendra ronde; car les disques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc de cercle qui mesure un angle de 32 minutes, on trouvera, par cette règle, qu'une glace carrée de six pouces perd sa figure carrée à la distance d'environ soixante pieds, et qu'une glace d'un pied en carré ne la perd qu'à cent vingt pieds environ, et ainsi des autres.

En réfléchissant un peu sur cette théorie, on ne sera plus étonné de voir qu'à de très grandes distances une grande et une petite glace donnent à peu près une image de la même grandeur, et qui ne diffère que par l'intensité de la lumière : on ne sera plus surpris qu'une glace ronde, ou carrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre figure que l'on voudra [1], donne toujours des images rondes; et on verra clairement que les images ne s'agrandissent et ne s'affoiblissent pas par la dispersion de la lumière, ou par la perte qu'elle fait en traversant l'air, comme l'ont cru quelques physiciens, et

[1] C'est par cette même raison que les petites images du soleil qui passent entre les feuilles des arbres élevés et touffus, qui tombent sur le sable d'une allée, sont toutes ovales ou rondes.

que cela n'arrive, au contraire, que par l'augmentation des disques, qui occupent toujours un espace de 32 minutes à quelque éloignement qu'on les porte.

De même on sera convaincu, par la simple exposition de cette théorie, que les courbes, de quelque espèce qu'elles soient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de toutes les courbes ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui mesure un angle de 32 minutes, et que par conséquent le miroir concave le plus parfait, dont le diamètre seroit égal à cette corde, ne feroit jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même surface[1]; et si le diamètre de ce miroir courbe étoit plus petit que cette corde, il ne feroit guère plus d'effet qu'un miroir plan de même surface.

Lorsque j'eus bien compris ce que je viens d'exposer, je me persuadai bientôt, à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avoit pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car, indépendamment de l'impossibilité où l'on étoit alors, et où l'on seroit encore aujourd'hui, d'exécuter des miroirs concaves d'un aussi long foyer, je sentis bien que les réflexions que je viens de faire ne pouvoient pas avoir échappé à ce grand mathématicien. D'ailleurs je pensai que, selon toutes les apparences, les anciens ne savoient pas faire de grandes masses de verre, qu'ils ignoroient l'art de le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avoient tout au plus que celui de le souffler et d'en faire des bouteilles et des vases, et je me persuadai aisément que c'étoit avec des miroirs plans de métal poli, et par la réflexion des rayons du soleil, qu'Archimède avoit brûlé au loin : mais, comme j'avois reconnu que les miroirs de glace réfléchissent plus puissamment la lumière que les miroirs du métal le plus poli, je pensai à faire construire une machine pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes, bien con-

[1] Si l'on se donne la peine de le supputer, on trouvera que le miroir courbe le plus parfait n'a d'avantage sur un miroir plan que dans la raison de 17 à 10, du moins à très peu près.

vaincu que ce moyen étoit le seul par lequel il fût possible de réussir.

Cependant j'avois encore des doutes, et qui me paroissoient même très bien fondés; car voici comment je raisonnois. Supposons que la distance à laquelle je veux brûler soit de deux cent quarante pieds : je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette distance; dès-lors quelle sera l'étendue que je serai obligé de donner à mon assemblage de miroirs plans pour produire du feu dans un aussi grand foyer? Elle pouvoit être si grande, que la chose eût été impraticable dans l'exécution : car, en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple avec le miroir de l'Académie, j'avois observé que le diamètre de ce miroir, qui est de trois pieds, étoit cent huit fois plus grand que le diamètre de son foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, et j'en concluois que, pour brûler aussi vivement à deux cent quarante pieds, il eût été nécessaire que mon assemblage de miroirs eût eu deux cent seize pieds de diamètre, puisque le foyer auroit deux pieds; or un miroir de deux cent seize pieds de diamètre étoit assurément une chose impossible.

A la vérité, ce miroir de trois pieds de diamètre brûle assez vivement pour fondre l'or, et je voulus voir combien j'avois à gagner en réduisant son action à n'enflammer que du bois : pour cela, j'appliquai sur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, et je trouvai qu'il n'avoit plus assez de force pour enflammer du bois sec lorsque son diamètre fut réduit à quatre pouces huit ou neuf lignes. Prenant donc cinq pouces ou soixante lignes pour l'étendue du diamètre nécessaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvois me dispenser de conclure que pour brûler également à deux cent quarante pieds, où le foyer auroit nécessairement deux pieds de diamètre, il me faudroit un miroir de trente pieds de diamètre; ce qui me paroissoit encore une chose impossible, ou du moins impraticable.

A des raisons si positives, et que d'autres auraient regardées comme des démonstrations de l'impossibilité du miroir, je n'avois rien à opposer qu'un soupçon, mais un soupçon ancien, et sur lequel plus j'avois réfléchi, plus je m'étois persuadé qu'il nétoit pas sans fondement : c'est que les effets de la chaleur pouvoient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumière; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intensité de lumière les grands foyers devoient brûler plus vivement que les petits.

En estimant la chaleur mathématiquement, il n'est pas douteux que la force des foyers de même longueur ne soit proportionnelle à la surface des miroirs. Un miroir dont la surface est double de celle d'un autre doit avoir un foyer de la même grandeur, si la courbure est la même; et ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumière que contient le premier foyer; et, dans la supposition que les effets sont toujours proportionnels à leurs causes, on avoit toujours cru que la chaleur de ce second foyer devoit être double de celle du premier.

De même, et par la même estimation mathématique, on a toujours cru qu'à égale intensité de lumière un petit foyer devoit brûler autant qu'un grand, et que l'effet de la chaleur devoit être proportionnel à cette intensité de lumière : « en « sorte, disoit Descartes, qu'on peut faire des verres ou des « miroirs extrêmement petits qui brûleront avec autant de « violence que les plus grands. » Je pensai d'abord, comme je l'ai dit ci-dessus, que cette conclusion, tirée de la théorie mathématique, pourroit bien se trouver fausse dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité physique, de l'action et de la propagation de laquelle nous ne connoissons pas bien les lois, il me sembloit qu'il y avoit quelque espèce de témérité à en estimer ainsi les effets par un raisonnement de simple spéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience : je pris des miroirs de métal de différents foyers et de différents degrés de poliment; et, en comparant l'action des différents foyers sur les

mêmes matières fusibles ou combustibles, je trouvai qu'à égale intensité de lumière les grands foyers font constamment beaucoup plus d'effet que les petits, et produisent souvent l'inflammation ou la fusion, tandis que les petits ne produisent qu'une chaleur médiocre : je trouvai la même chose avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux sentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par réfraction, tel que celui du sieur Segard, qui a trente-deux pouces de diamètre, et un foyer de huit lignes de largeur, à six pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en moins d'une minute, et faisons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de trente-deux lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{8}{12}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne, et la distance à six pouces, puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entière de son foyer, qui est de huit lignes, le petit verre devroit, selon la théorie, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de son foyer, qui est de $\frac{2}{3}$ de ligne. Ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendois bien, que, loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvoit à peine donner un peu de chaleur à cette matière.

La raison de cette différence est facile à donner, si l'on fait attention que la chaleur se communique de proche en proche, et se disperse, pour ainsi dire, lors même qu'elle est appliquée continuellement sur le même point : par exemple, si l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, et que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le centre de l'écu se disperse et s'étend dans le volume entier de l'écu, et il devient chaud jusqu'à la circonférence; dès-lors toute la chaleur, quoique employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, et ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeuroit tout entière. Mais si, au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, on fait tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale intensité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées, dans ce dernier cas, non-seulement il n'y pas de perte de chaleur comme dans le premier, mais même il y a du gain

et de l'augmentation de chaleur; car le point du milieu profitant de la chaleur des autres points qui l'environnent, l'écu sera fondu dans ce dernier cas, tandis que, dans le premier, il ne sera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences et ces réflexions, je sentis augmenter prodigieusement l'espérance que j'avois de réussir à faire des miroirs qui brûleroient au loin; car je commençai à ne plus craindre, autant que je l'avois craint d'abord, la grande étendue des foyers : je me persuadai, au contraire, qu'un foyer d'une largeur considérable, comme de deux pieds, et dans lequel l'intensité de la lumière ne seroit pas à beaucoup près aussi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourroit cependant produire avec plus de force l'inflammation et l'embrasement, et que par conséquent ce miroir, qui, par la théorie mathématique, devoit avoir au moins trente pieds de diamètre, se réduiroit sans doute à un miroir de huit ou dix pieds tout au plus; ce qui est non-seulement une chose possible, mais même très praticable.

Je pensai donc sérieusement à exécuter mon projet : d'abord j'avois dessein de brûler à deux cents ou trois cents pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied carré de surface, et je voulois faire quatre châssis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tous sens, et un ressort pour les assujettir; mais la dépense trop considérable qu'exigeoit cet ajustement me fit abandonner cette idée, et je me rabattis à des glaces communes de six pouces sur huit pouces, et un ajustement en bois, qui, à la vérité, est moins solide et moins précis, mais dont la dépense convenoit mieux à une tentative. M. Passemant, dont l'habileté dans les mécaniques est connue même de l'Académie, se chargea de ce détail; et je n'en ferai pas la description, parce qu'un coup d'œil sur le miroir en fera mieux entendre la construction qu'un long discours.

Il suffira de dire qu'il a été d'abord composé de cent soixante huit glaces étamées de six pouces sur huit pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes; que chacune de ces glaces se peut mouvoir en tous sens et indépendamment

de toutes, et que les quatre lignes d'intervalle qui sont entre elles servent non-seulement à la liberté de ce mouvement, mais aussi à laisser voir à celui qui opère l'endroit où il faut conduire ses images. Au moyen de cette construction l'on peut faire tomber sur le même point les cent soixante-huit images, et par conséquent brûler à plusieurs distances, comme à vingt, trente et jusqu'à cent cinquante pieds, et à toutes les distances intermédiaires; et en augmentant la grandeur du miroir, ou en faisant d'autres miroirs semblables au premier, on est sûr de porter le feu à la plus grande distance encore, ou d'en augmenter, autant qu'on voudra, la force ou l'activité à ces premières distances.

Seulement il faut observer que le mouvement dont j'ai parlé n'est pas trop aisé à exécuter, et que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces : elles ne sont pas toutes, à beaucoup près, également bonnes, quoiqu'elles paroissent telles à la première inspection; j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent soixante-huit dont je me suis servi. La manière de les essayer est de recevoir à une grande distance, par exemple à cent cinquante pieds, l'image réfléchie du soleil comme un plan vertical; il faut choisir celles qui donnent une image ronde et bien terminée, et rebuter toutes les autres qui sont en beaucoup plus grand nombre, et dont les épaisseurs étant inégales en différents endroits, ou la surface un peu concave ou convexe au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, doubles, triples, oblongues, chevelues, etc., suivant les différentes défectuosités qui se trouvent dans les glaces.

Par la première expérience que j'ai faite le 23 mars 1747, à midi, j'ai mis le feu, à soixante-six pieds de distance, à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces seulement, c'est-à-dire avec le quart d'un miroir environ; mais il faut observer que n'étant pas encore monté sur son pied, il étoit posé très désavantageusement, faisant avec le soleil un angle de près de 20 degrés de déclinaison, et un autre de plus de 10 degrés d'inclinaison.

Le même jour, j'ai mis le feu à une planche goudronnée et soufrée, à cent vingt-six pieds de distance, avec quatre-vingt-dix-huit glaces, le miroir étant posé encore plus désavantageusement. On sent bien que, pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir soit directement opposé au soleil, aussi bien que les matières qu'on veut enflammer; en sorte qu'en supposant un plan perpendiculaire sur le plan du miroir, il faut qu'il passe par le soleil, et en même temps par le milieu des matières combustibles.

Le 3 avril, à quatre heures du soir, le miroir étant monté et posé sur son pied, on a produit une légère inflammation sur une planche couverte de laine hachée, à cent trente-huit pieds de distance, avec cent douze glaces, quoique le soleil fût foible et que la lumière en fût fort pâle. Il faut prendre garde à soi lorsqu'on approche de l'endroit où sont les matières combustibles; et il ne faut pas regarder le miroir, car si malheureusement les yeux se trouvoient au foyer, on seroit aveuglé par l'éclat de la lumière.

Le 4 avril, à onze heures du matin, le soleil étant plus pâle et couvert de vapeurs et de nuages légers, on n'a pas laissé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à cent cinquante pieds de distance, une chaleur si considérable, qu'elle a fait, en moins de deux minutes, fumer une planche goudronnée, qui se seroit certainement enflammée si le soleil n'avoit pas disparu tout à coup.

Le lendemain, 5 avril, à trois heures après midi, par un soleil encore plus foible que le jour précédent, on a enflammé, à cent cinquante pieds de distance, des copeaux de sapin soufrés et mêlés de charbon, en moins d'une minute et demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorsque le soleil est vif, il ne faut que quelques secondes pour produire l'inflammation.

Le 10 avril, après midi, par un soleil assez net, on a mis le feu a une planche de sapin goudronnée, à cent cinquante pieds, avec cent vingt-huit glaces seulement : l'inflammation a été très subite, et elle s'est faite dans toute l'étendue du foyer, qui avoit environ seize pouces de diamètre à cette distance.

Le même jour, à deux heures et demie, on a porté le feu sur une planche de hêtre goudronnée en partie et couverte en quelques endroits de laine hachée : l'inflammation s'est faite très promptement ; elle a commencé par les parties du bois qui étoient découvertes, et le feu étoit si violent, qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre : il y avoit cent quarante-huit glaces, et la distance étoit de cent cinquante pieds.

Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à vingt pieds de distance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer de petites matières combustibles. Avec vingt-une glaces, on a mis le feu à une planche de hêtre qui avoit déjà été brûlée en partie; avec quarante-cinq glaces, on a fondu un gros flacon d'étain qui pesoit environ six livres; et avec cent dix-sept glaces, on a fondu des morceaux d'argent mince, et rougi une plaque de tôle : et je suis persuadé qu'à cinquante pieds on fondra les métaux aussi bien qu'à vingt, en employant toutes les glaces du miroir; et comme le foyer à cette distance est large de six à sept pouces, on pourra faire des épreuves en grand sur les métaux [1]; ce qu'il n'étoit pas possible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer est ou très foible ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué que les métaux, et surtout l'argent, fument beaucoup avant de se fondre : la

[1] Par des expériences subséquentes, j'ai reconnu que la distance la plus avantageuse pour faire commodément avec ces miroirs des épreuves sur les métaux étoit à quarante ou quarante-cinq pieds. Les assiettes d'argent que j'ai fondues à cette distance avec deux cent vingt-quatre glaces étoient bien nettes, en sorte qu'il n'étoit pas possible d'attribuer la fumée très abondante qui en sortoit à la graisse ou à d'autres matières dont l'argent se seroit imbibé, et comme se le persuadoient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins sur des plaques d'argent toutes neuves, et j'eus le même effet. Le métal fumoit très abondamment, quelquefois pendant plus de huit ou dix minutes avant de se fondre. J'avois dessein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau et d'un ajustement semblable à celui dont on se sert dans les distillations, et j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en aient empêché; car cette manière de tirer l'eau du métal est peut-être la seule qu'on puisse employer. Et si l'on prétend que cette fumée, qui m'a paru humide, ne contient pas de l'eau, il sera toujours très utile de savoir ce que c'est, car il se peut aussi que ce ne soit que du métal volatilisé. D'ailleurs je suis persuadé qu'en faisant les mêmes épreuves sur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut-être moins, peut-être plus.

fumée en étoit si sensible, qu'elle faisoit ombre sur le terrain; et c'est là que je l'observois attentivement : car il n'est pas possible de regarder un instant le foyer, lorsqu'il tombe sur du métal; l'éclat en est beaucoup plus vif que celui du soleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-dessus, et qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été suivies d'un grand nombre d'autres expériences qui confirment les premières. J'ai enflammé du bois jusqu'à deux cents et même deux cent dix pieds avec ce même miroir, par le soleil d'été, toutes les fois que le ciel étoit pur; et je crois pouvoirs assurer qu'avec quatre semblables miroir, on brûleroit à quatre cents pieds, et peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux et minéraux métalliques à vingt-cinq, trente et quarante pieds. On trouvera, dans la suite de cet article, les usages auxquels on peut appliquer ces miroirs, et les limites qu'on doit assigner à leur puissance pour la calcination, la combustion, la fusion, etc.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir, et pour faire coïncider toutes les images au même point : mais lorsqu'il est une fois ajusté, on peut s'en servir à toute heure, en tirant seulement un rideau; il mettra le feu aux matières combustibles très promptement, et on ne doit pas le déranger, à moins qu'on ne veuille changer la distance : par exemple, lorsqu'il est arrangé pour brûler à cent pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuster à la distance de cent cinquante pieds, et ainsi des autres.

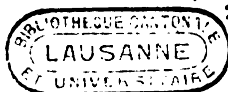
Ce miroir brûle en haut, en bas, et horizontalement, suivant la différente inclinaison qu'on lui donne. Les expériences que je viens de rapporter ont été faites publiquement au Jardin du Roi, sur un terrain horizontal, contre des planches posées verticalement. Je crois qu'il n'est pas nécessaire d'avertir qu'il auroit brûlé avec plus de force en haut et moins de force en bas, et, de même, qu'il est plus avantageux d'incliner le plan des matières combustibles parallèlement au plan du miroir. Ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas, et horizontalement, sur les miroirs ordinaires de réflexion qui

ne brûlent qu'en haut, c'est que son foyer est fort éloigné, et qu'il a si peu de courbure qu'elle est insensible à l'œil : il est large de sept pieds, et haut de huit pieds ; ce qui ne fait qu'environ la cent cinquantième partie de la circonférence de la sphère, lorsqu'on brûle à cent cinquante pieds.

La raison qui m'a déterminé à préférer des glaces de six pouces de largeur sur huit pouces de hauteur, à des glaces carrées de six ou huit pouces, c'est qu'il est beaucoup plus commode de faire les expériences sur un terrain horizontal et de niveau, que de les faire de bas en haut, et qu'avec cette figure plus haute que large les images étoient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces carrées elles auroient été raccourcies, surtout pour les petites distances, dans cette situation horizontale.

Cette découverte nous fournit plusieurs choses utiles pour la physique, et peut-être pour les arts. On sait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion presque inutiles pour les expériences, c'est qu'ils brûlent toujours en haut, et qu'on est fort embarrassé de trouver des moyens pour suspendre ou soutenir à leur foyer les matières qu'on veut fondre ou calciner. Au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, et avec un avantage si considérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra : par exemple, en opposant à mon miroir un miroir concave d'un pied carré de surface, la chaleur que ce dernier miroir produira à son foyer et employant cent cinquante-quatre glaces seulement, sera douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, et l'effet sera le même que s'il existoit douze soleils au lieu d'un, ou plutôt que si le soleil avoit douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura, par le moyen de mon miroir, la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, et on fera un thermomètre réel, dont les divisions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air jusqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faisant tomber une à une successivement les images du soleil les unes sur les autres, et en gra-



duant les intervalles, soit au moyen d'une liqueur expansive, soit au moyen d'une machine de dilatation ; et de là nous saurons en effet ce que c'est qu'une augmention double, triple, quadruple, etc., de chaleur[1], et nous connoîtrons les matières dont l'expansion ou les autres effets seront les plus convenables pour mesurer les augmentations de chaleur.

Troisièmement, nous saurons au juste combien de fois il faut la chaleur du soleil pour brûler, fondre, ou calciner différentes matières, ce qu'on ne savoit estimer jusqu'ici que d'une manière vague et fort éloignée de la vérité ; et nous serons en état de faire des comparaisons précises de l'activité de nos feux avec celle du soleil, et d'avoir sur cela des rapports exacts et des mœurs fixes et invariables.

Enfin on sera convaincu, lorsqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, et qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé étoit le seul par lequel il fût possible de réussir à brûler au loin : car, indépendamment de la difficulté physique de faire de grands miroirs concaves, sphériques, paraboliques, ou d'une autre courbure quelconque assez régulière pour brûler à cent cinquante pieds, on se démontrera aisément à soi-même qu'ils ne produiroient qu'à peu près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en seroit presque aussi large ; que, de plus, ces miroirs courbes, quand même il seroit possible de les exécuter, auroient le désavantage très grand de ne brûler qu'à une seule distance, au lieu que le mien brûle à toutes les distances ; et par conséquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin : ce qui a occupé inutilement un grand nombre de mathématiciens et d'artistes qui se trompoient toujours, parce qu'ils considéroient les rayons du soleil comme parallèles, au lieu qu'il faut les considérer ici tels qu'ils sont, c'est-à-dire comme faisant des angles de toute grandeur, de-

[1] Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces seulement, et a trouvé que les augmentations du double et du triple de chaleur étoient comme les divisions du thermomètre de Réaumur ; mais on ne doit rien conclure de cette expérience, qui n'a donné lieu à ce résultat que par une espèce de hasard. Voyez sur ce sujet mon *Traité des Éléments*.

puis zéro jusqu'à 32 minutes; ce qui fait qu'il est impossible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui mesure cet angle de 32 minutes. Ainsi, quand même on pourroit faire un miroir concave pour brûler à une grande distance, par exemple à cent cinquante pieds, en le travaillant dans tous ses points sur une sphère de six cents pieds de diamètre, et en employant une masse énorme de verre ou de métal, il est clair qu'on aura à peu près autant d'avantage à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reste, comme tout a des limites, quoique mon miroir soit susceptible d'une grande perfection, tant pour l'ajustement que pour plusieurs autres choses, et que je compte bien en faire un autre dont les effets seront supérieurs, cependant il ne faut pas espérer qu'on puisse jamais brûler à de très grandes distances: car pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudroit un miroir deux mille fois plus grand que le mien; et tout ce qu'on pourra jamais faire est de brûler à huit ou neuf cents pieds tout au plus. Le foyer, dont le mouvement correspond toujours à celui du soleil, marche d'autant plus vite qu'il est plus éloigné du miroir; et à neuf cents pieds de distance, il feroit un chemin d'environ six pieds par minute.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'on peut faire, avec de petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs dont les foyers seront variables, et qui brûleront à de petites distances avec une grande vivacité; et, en les montant à peu près comme l'on monte les parasols, il ne faudroit qu'un seul mouvement pour en ajuster le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte et du succès de mes expériences, je dois rendre à Archimède et aux anciens la gloire qui leur est due. Il est certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il est sûr qu'il avoit plus de lumières qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé et la mécanique que j'ai fait exécuter, et que par conséquent on ne peut

lui refuser le titre de premier inventeur de ces miroirs, que l'occasion où il sut les employer rendit sans doute plus célèbres que le mérite de la chose même.

Pendant le temps que je travaillois à ces miroirs, j'ignorois le détail de tout ce qu'en ont dit les anciens; mais après avoir réussi à les faire, je fus bien aise de m'en instruire. Feu M. Melot, de l'Academie des Belles-Lettres, et l'un des gardes de la Bibliothèque du Roi, dont la grande érudition et les talents étoient connus de tous les savants, eut la bonté de me communiquer une excellente dissertation qu'il avoit faite sur ce sujet, dans laquelle il rapporte les témoignages de tous les auteurs qui ont parlé des miroirs ardents d'Archimède. Ceux qui en parlent le plus clairement sont Zonaras et Tzetzès, qui vivoient tous deux dans le douzième siècle. Le premier dit qu'Archimède, avec ses miroirs ardents, mit en cendres toute la flotte des Romains. «Ce géomètre, dit-il, ayant reçu les rayons du soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés et réfléchis par l'épaisseur et le poli du miroir, il embrasa l'air, et alluma une grande flamme qu'il lança tout entière sur les vaisseaux qui mouilloient dans la sphère de son activité, et qui furent tous réduits en cendres.» Le même Zonaras rapporte aussi qu'au siége de Constantinople; sous l'empire d'Anastase, l'an 514 de Jésus-Christ, Proclus brûla, avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien, qui assiégeoit Constantinople; il ajoute que ces miroirs étoient une découverte ancienne, et que l'historien Dion en donne l'honneur à Archimède, qui la fit, et s'en servit comme les Romains lorsque Marcellus fit le siège de Syracuse.

Tzetzès non-seulement rapporte et assure le fait des miroirs, mais même il en explique en quelque façon la construction. «Lorsque les vaisseaux, dit-il, furent à la portée du trait, Archimède fit faire une espèce de miroir hexagone, et d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une distance proportionnée, et qu'on pouvoit mouvoir à l'aide de leurs charnières et de certaines lames de métal: il plaça le miroir hexagone de façon qu'il étoit coupé par le milieu par

le méridien d'hiver et d'été, en sorte que les rayons du soleil reçus sur ce miroir, venant à se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait.» Ce passage me paroît assez clair; il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé; la portée du trait ne peut guère être que de cent cinquante ou deux cents pieds : il donne l'idée de la construction, et fait voir que le miroir d'Archimède pouvait être, comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvoient par des mouvements de charnières et de ressorts; et enfin il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone, autour duquel étoient sans doute les miroirs plus petits, étoit coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au soleil : d'ailleurs le miroir hexagone étoit probablement celui dont l'image servoit de mire pour ajuster les autres, et cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle de vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygone d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumière soit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie; et elle sera répartie le moins inégalement qu'il est possible lorsque les miroirs seront circulaires. J'ai bien vu qu'il y avoit de la perte à employer des miroirs quadrangulaires, longs de six pouces sur huit pouces; mais j'ai préféré cette forme, parce qu'elle est, comme je l'ai dit, plus avantageuse pour brûler horizontalement.

J'ai aussi trouvé, dans la même dissertation de M. Melot, que le P. Kircher avoit écrit qu'Archimède avoit pu brûler à une grande distance avec des miroirs plans, et que l'expérience lui avoit appris qu'en réunissant de cette façon les images du soleil, on produisoit une chaleur considérable au point de réunion.

Enfin, dans les *Mémoires de l'Académie*, année 1726, M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire et les talents, paroît avoir touché à cette découverte : il dit « qu'ayant reçu l'image

du soleil sur un miroir plan d'un pied en carré, et l'ayant portée jusqu'à six cents pieds sur un miroir concave de dix-sept pouces de diamètre, elle avoit encore la force de brûler des matières combustibles au foyer de ce dernier miroir ; » et à la fin de son Mémoire il dit que « quelques auteurs (il veut sans doute parler du P. Kircher) ont proposé de former un miroir d'un très long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans, que plusieurs personnes tiendroient à la main, et dirigeroient de façon que les images du soleil formées par chacun de ces miroirs concourroient en un même point, et que ce seroit peut-être la façon de réussir la plus sûre et la moins difficile à exécuter. » Un peu de réflexion sur l'expérience du miroir concave et sur ce projet auroit porté M. du Faye à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable un peu plus haut; car il me paroît qu'il étoit tout naturel de conclure de son expérience que, puisqu'un miroir concave de dix-sept pouces de diamètre sur lequel l'image du soleil ne tomboit pas tout entière, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette seule partie de l'image du soleil réfléchie à six cents pieds dans un foyer que je suppose large de trois lignes, onze cent cinquante-six miroirs plans, semblables au premier miroir réfléchissant, doivent à plus forte raison brûler directement à cette distance de six cents pieds, et que par conséquent deux cent quatre-vingt-neuf miroirs plans auroient été plus que suffisants pour brûler à trois cents pieds, en réunissant les deux cent quatre-vingt neuf images : mais, en fait de découvertes, le dernier pas, quoique souvent le plus facile, est cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon mémoire, tel qu'on vient de le lire, a été imprimé dans le volume de l'*Académie des Sciences*, année 1747, sous le titre : *Inventions des miroirs pour brûler à une grande distance*. Feu M. Bouguer, et quelques autres membres de cette savante compagnie, m'ayant fait plusieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Descartes dans son *Traité de Dioptrique*, je crus devoir y répondre par le miroir suivant, qui fut lu à l'Académie la même année, mais que je ne fis pas

imprimer par ménagement pour mes adversaires en opinion. Cependant, comme il contient plusieurs choses utiles, et qu'il pourra servir de préservatif contre les erreurs contenues dans quelques livres d'optique, surtout dans celui de la *Dioptrique* de Descartes, que d'ailleurs il sert d'explication et de suite au mémoire précédent, j'ai jugé à propos de les joindre ici et de les publier ensemble.

ARTICLE SECOND.

Réflexions sur le jugement de Descartes au sujet des miroirs d'Archimède, avec le développement de la théorie de ces miroirs, et l'explication de leurs principaux usages.

La *Dioptrique* de Descartes, cet ouvrage qu'il a donné comme le premier et le principal essai de sa méthode de raisonner dans les sciences, doit être regardée comme un chef-d'œuvre pour son temps : mais les plus belles spéculations sont souvent démenties par l'expérience, et tous les jours les sublimes mathématiques sont obligées de se plier sous de nouveaux faits ; car, dans l'application qu'on en fait aux plus petites parties de la physique, on doit se défier de toutes les circonstances, et ne pas se confier aux choses qu'on croit savoir assez, pour prononcer affirmativement sur celles qui sont inconnues. Ce défaut n'est cependant que trop ordinaire ; et j'ai cru que je ferois quelque chose d'utile pour ceux qui veulent s'occuper d'optique, que de leur exposer ce qui manquoit à Descartes pour pouvoir donner une théorie de cette science qui fût susceptible d'être réduite en pratique.

Son *Traité de Dioptrique* est divisé en dix discours. Dans le premier, notre philosophe parle de la lumière ; et comme il ignoroit son mouvement progressif, qui n'a été découvert que quelque temps après par Roëmer, il faut modifier tout ce qu'il dit à cet égard, et on ne doit adopter aucune des explications qu'il donne au sujet de la nature et de la propagation de la lumière, non plus que les comparaisons et les hypothèses qu'il emploie pour tâcher d'expliquer les causes et les effets de la vision. On sait actuellement que la lumière est environ 7 mi-

nutes ½ à venir du soleil jusqu'à nous, que cette émission du corps lumineux se renouvelle à chaque instant, et que ce n'est pas par la pression continue et par l'action ou plutôt l'ébranlement instantané d'une matière subtile que ses effets s'opèrent : ainsi toutes les parties de ce traité où l'auteur emploie cette théorie sont plus que suspectes, et les conséquences ne peuvent être qu'erronées.

Il en est de même de l'explication que Descartes donne de la réfraction; non-seulement sa théorie est hypothétique pour la cause, mais la pratique est contraire dans tous les effets. Les mouvements d'une balle qui traverse l'eau sont très différents de ceux de la lumière qui traverse le même milieu; et s'il eût comparé ce qui arrive en effet à une balle, avec ce qui arrive à la lumière, il en auroit tiré des conséquences tout-à-fait opposées à celles qu'il a tirées.

Et, pour ne pas omettre une chose très essentielle, et qui pourroit induire en erreur, il faut bien se garder, en lisant cet article, de croire, avec notre philosophe, que le mouvement rectiligne peut se changer naturellement en un mouvement circulaire : cette assertion est fausse, et le contraire est démontré depuis que l'on connoît les lois du mouvement.

Comme le second discours roule en grande partie sur cette théorie hypothétique de la réfraction, je me dispenserai de parler en détail des erreurs qui en sont les conséquences; un lecteur averti ne peut manquer de les remarquer.

Dans les troisième, quatrième et cinquième discours, il est question de la vision; et l'explication que Descartes donne au sujet des images qui se forment au fond de l'œil est assez juste : mais ce qu'il dit sur les couleurs ne peut pas se soutenir, ni même s'entendre, car comment concevoir qu'une certaine proportion entre le mouvement rectiligne et un prétendu mouvement circulaire puisse produire des couleurs? Cette partie a été, comme l'on sait, traitée à fond et d'une manière démonstrative par Newton; et l'expérience a fait voir l'insuffisance de tous les systèmes précédents.

Je ne dirai rien du sixième discours, où il tache d'expliquer

comment se font nos sensations : quelque ingénieuses que soient ses hypothèses, il est aisé de sentir qu'elles sont gratuites ; et comme il n'y a presque rien de mathématique dans cette partie, il est inutile de s'y arrêter.

Dans le septième et le huitième discours, Descartes donne une belle théorie géométrique sur les formes que doivent avoir les verres pour produire les effets qui peuvent servir à la perfection de la vision; et, après avoir examiné ce qui arrive aux rayons qui traversent ces verres des différentes formes, il conclut que les verres elliptiques et hyperboliques sont les meilleurs de tous pour rassembler les rayons; et il finit par donner, dans le neuvième discours, la manière de construire les lunettes de longue vue, et, dans le dixième et dernier discours, celle de tailler les verres.

Cette partie de l'ouvrage de Descartes, qui est proprement la seule partie mathématique de son traité, est plus fondée et beaucoup mieux raisonnée que les précédentes : cependant on n'a point appliqué sa théorie à la pratique : on n'a pas taillé des verres elliptiques ou hyperboliques, et l'on a oublié ces fameuses ovales qui font le principal objet du second livre de sa *Géométrie:* la différente réfrangibilité des rayons, qui étoit inconnue à Descartes, n'a pas été découverte, que cette théorie géométrique a été abandonnée. Il est en effet démontré qu'il n'y a pas autant à gagner par le choix de ses formes qu'il y a à perdre par la différente réfrangibilité des rayons, puisque, selon leur différent degré de réfrangibilité, ils se rassemblent plus ou moins près; mais comme l'on est parvenu à faire des lunettes achromatiques, dans lesquelles on compense la différente réfrangibilité des rayons par des verres de différente densité, il seroit très utile aujourd'hui de tailler des verres hyperboliques ou elliptiques, si l'on veut donner aux lunettes achromatiques toute la perfection dont elles sont susceptibles.

Après ce que je viens d'exposer, il me semble que l'on ne devroit pas être surpris que Descartes eût mal prononcé au sujet des miroirs d'Archimède, puisqu'il ignoroit un si grand nombre de choses qu'on a découvertes depuis : mais, comme

c'est ici le point particulier que je veux examiner, il faut rapporter ce qu'il en a dit, afin qu'on soit plus en état d'en juger.

« Vous pouvez aussi remarquer, par occasion, que les rayons du soleil ramassés par le verre elliptique doivent brûler avec plus de force qu'étant rassemblés par l'hyperbolique : car il ne faut pas seulement prendre garde aux rayons qui viennent du centre du soleil, mais aussi à tous les autres qui, venant des autres points de la superficie, n'ont pas sensiblement moins de force que ceux du centre; en sorte que la violence de la chaleur qu'ils peuvent causer se doit mesurer par la grandeur du corps qui les assemble, comparé avec celle de l'espace où il les assemble... sans que la grandeur du diamètre de ce corps y puisse rien ajouter, ni sa figure particulière, qu'environ un quart ou un tiers tout au plus. Il est certain que cette ligne brûlante à l'infini, que quelques-uns ont imaginée, n'est qu'une rêverie. »

Jusqu'ici il n'est question que de verres brûlants par réfraction : mais ce raisonnement doit s'appliquer de même aux miroirs par réflexion; et avant que de faire voir que l'auteur n'a pas tiré de cette théorie les conséquences qu'il devoit en tirer, il est bon de lui répondre d'abord par l'expérience. Cette ligne brûlante à l'infini, qu'il regarde comme une rêverie, pourroit s'exécuter par des miroirs de réflexion semblables au mien, non pas à une distance infinie, parce que l'homme ne peut rien faire d'infini, mais à une distance indéfinie assez considérable : car supposons que mon miroir, au lieu d'être composé de deux cent vingt-quatre petites glaces, fût composé de deux mille, ce qui est possible, il n'en faut que vingt pour brûler à vingt pieds; et le foyer étant comme une colonne de lumière, ces vingt glaces brûlent en même temps à dix-sept et à vingt-trois pieds : avec vingt-cinq autres glaces, je ferai un foyer qui brûlera depuis vingt-trois jusqu'à trente; avec vingt-neuf glaces, un foyer qui brûlera depuis trente jusqu'à quarante; avec trente-quatre glaces, un foyer qui brûlera depuis quarante jusqu'à cinquante-deux; avec quarante glaces,

depuis cinquante-deux jusqu'à soixante-quatre; avec cinquante glaces, depuis soixante-quatre jusqu'à soixante-seize; avec soixante glaces, depuis soixante-seize jusqu'à quatre-vingt-huit; avec soixante-dix glaces, depuis quatre-vingt-huit jusqu'à cent pieds. Voilà donc déjà une ligne brûlante, depuis dix-sept jusqu'à cent pieds, où je n'aurai employé que trois cent vingt-huit glaces; et pour la continuer, il n'y a qu'à faire d'abord un foyer de quatre-vingts glaces, il brûlera depuis cent pieds jusqu'à cent seize; et quatre-vingt-douze glaces, depuis cent seize jusqu'à cent trente quatre pieds; et cent huit glaces, depuis cent trente-quatre jusqu'à cent cinquante; et cent vingt-quatre glaces, depuis cent-cinquante jusqu'à cent soixante-dix, et cent-cinquante-quatre glaces, depuis cent soixante-dix; jusqu'à deux cents pieds. Ainsi voilà une ligne brûlante prolongée de cent pieds, en sorte que depuis dix-sept pieds jusqu'à deux cents pieds, en quelque endroit de cette distance qu'on puisse mettre un corps combustible, il sera brûlé; et pour cela, il ne faut en tout que huit cent quatre-vingt-six glaces de six pouces; et en employant le reste des deux mille glaces, je prolongerai de même la ligne brûlante jusqu'à trois et quatre cents pieds; et avec un plus grand nombre de glaces, par exemple avec quatre mille, je la prolongerai beaucoup plus loin, à une distance indéfinie. Or, tout ce qui, dans la pratique, est indéfini peut être regardé comme infini dans la théorie: donc notre célèbre philosophe a eu tort de dire que cette ligne brûlante à l'infini n'étoit qu'une rêverie.

Maintenant venons à la théorie. Rien n'est plus vrai que ce que dit Descartes au sujet de la réunion des rayons du soleil, qui ne se fait pas dans un point, mais dans un espace ou foyer dont le diamètre augmente à proportion de la distance: mais ce grand philosophe n'a pas senti l'étendue de ce principe, qu'il ne donne que comme une remarque; car, s'il y eût fait attention, il n'auroit pas considéré, dans tout le reste de son ouvrage, les rayons du soleil comme parallèles; il n'auroit pas établi comme le fondement de la théorie de sa construction des lunettes la réunion des rayons dans un point, et il se seroit

bien gardé de dire affirmativement[1] : « Nous pourrons, par cette invention, voir des objets aussi particuliers et aussi petits dans les astres que ceux que nous voyons communément sur la terre. » Cette assertion ne pouvoit être vraie qu'en supposant le parallélisme des rayons et leur réunion en un seul point ; et par conséquent elle est opposée à sa propre théorie, ou plutôt il n'a pas employé la théorie comme il le falloit : et en effet, s'il n'eût pas perdu de vue cette remarque, il eût supprimé les deux derniers livres de sa *Dioptrique ;* car il auroit vu que, quand même les ouvriers eussent pu tailler les verres comme il l'exigeoit, ces verres n'auroient pas produit les effets qu'il leur a supposés, de nous faire distinguer les plus petits objets dans les astres, à moins qu'il n'eût en même temps supposé dans ces objets une intensité de lumière infinie, ou, ce qui revient au même, qu'ils eussent, malgré leur éloignement, pu former un angle sensible à nos yeux.

Comme ce point d'optique n'a jamais été bien éclairci, j'entrerai dans quelques détails à cet égard. On peut démontrer que deux objets également lumineux, et dont les diamètres sont différents, ou bien que deux objets dont les diamètres sont égaux, et dont l'intensité de lumière est différente, doivent être observés avec des lunettes différentes : que, pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudroit des lunettes différentes pour chaque planète ; que, par exemple, Vénus, qui nous paroît bien plus petite que la lune, et dont je suppose pour un instant la lumière égale à celle de la lune, doit être observée avec une lunette d'un plus long foyer que la lune ; et que la perfection des lunettes, pour en tirer le plus grand avantage possible, dépend d'une combinaison qu'il faut faire non-seulement entre les diamètres et les courbures des verres, comme Descartes l'a fait, mais encore entre ces mêmes diamètres et l'intensité de la lumière de l'objet qu'on observe. Cette intensité de la lumière de chaque objet est un élément que les auteurs qui ont écrit sur l'optique n'ont jamais employé ; et cependant il fait plus que l'augmentation de l'angle sous le-

[1] Page 131.

quel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres. Il en est de même d'une chose qui semble être un paradoxe; c'est que les miroirs ardents, soit par réflexion, soit par réfraction, feroient un effet toujours égal, à quelque distance qu'on les mît du soleil. Par exemple, mon miroir, brûlant à cent cinquante pieds du bois sur la terre, brûleroit de même à cent cinquante pieds, et avec autant de force, du bois dans Saturne, où cependant la chaleur du soleil est environ cent fois moindre que sur la terre. Je crois que les bons esprits sentiront bien, sans autre démonstration, la vérité de ces deux propositions, quoique toutes deux nouvelles et singulières.

Mais, pour ne pas m'écarter du sujet que je me suis proposé, et pour démontrer que Descartes n'ayant pas la théorie qui est nécessaire pour construire les miroirs d'Archimède, il n'étoit pas en état de prononcer qu'ils étoient impossibles, je vais faire sentir, autant que je le pourrai, en quoi consistoit la difficulté de cette invention.

Si le soleil, au lieu d'occuper à nos yeux un espace de 32 minutes de degré, étoit réduit en un point, alors il est certain que ce point de lumière réfléchie par un point d'une surface polie, produiroit à toutes les distances une lumière et une chaleur égales, parce que l'interposition de l'air ne fait rien ou presque rien ici; que par conséquent un miroir dont la surface seroit égale à celle d'un autre brûleroit à dix lieues à peu près aussi bien que le premier brûleroit à dix pieds, s'il étoit possible de le travailler sur une sphère de quarante lieues, comme on peut travailler l'autre sur une sphère de quarante pieds; parce que chaque point de la surface du miroir réfléchissant le point lumineux auquel nous avons réduit le disque du soleil, on auroit, en variant la courbure des miroirs, une égale lumière à toutes les distances, sans changer leur diamètres. Ainsi, pour brûler à une grande distance, dans ce cas il faudroit en effet un miroir très exactement travaillé sur une sphère, ou une hyperboloïde proportionnée à la distance, ou bien un miroir brisé en une infinité de points physiques plans, qu'il faudroit faire coïncider au même point : mais le disque du soleil

occupant un espace de 32 minutes de degré, il est clair que le même miroir sphérique ou hyperbolique, ou d'une autre figure quelconque, ne peut jamais, en vertu de cette figure, réduire l'image du soleil en un espace plus petit que de 32 minutes; que dès-lors l'image augmentera toujours à mesure qu'on s'éloignera; que, de plus, chaque point de la surface nous donnera une image d'une même largeur, par exemple d'un demi-pied à soixante pieds : or, comme il est nécessaire, pour produire tout l'effet possible, que toutes ces images coïncident dans cet espace d'un demi-pied, alors, au lieu de briser le miroir en une infinité de parties, il est évident qu'il est à peu près égal et beaucoup plus commode de ne le briser qu'en un petit nombre de parties planes d'un demi-pied de diamètre chacune, parce que chaque petit miroir plan d'un demi-pied donnera une image d'environ un demi-pied, qui sera à peu près aussi lumineuse qu'une pareille surface d'un demi-pied, prise dans le miroir sphérique ou hyperbolique.

La théorie de mon miroir ne consiste donc pas, comme on l'a dit ici, à avoir trouvé l'art d'inscrire aisément des plans dans une surface sphérique, et le moyen de changer à volonté la courbure de cette surface sphérique; mais elle suppose cette remarque plus délicate, et qui n'avoit jamais été faite, c'est qu'il y a presque autant d'avantage à se servir de miroirs plans que de miroirs de toute autre figure, dès qu'on veut brûler à une certaine distance, et que la grandeur du miroir plan est déterminée par la grandeur de l'image à cette distance, en sorte qu'à la distance de soixante pieds, où l'image du soleil a environ un demi-pied de diamètre, on brûlera à peu près aussi bien avec des miroirs plans d'un demi-pied qu'avec des miroirs hyperboliques les mieux travaillés, pourvu qu'ils n'aient que la même grandeur. De même, avec des miroirs plans d'un pouce et demi, on brûlera à quinze pieds à peu près avec autant de force qu'avec un miroir exactement travaillé dans toutes ses parties; et, pour le dire en un mot, un miroir à facettes plates produira à peu près autant d'effet qu'un miroir travaillé avec la dernière exactitude dans toutes ses parties, pourvu que la grandeur de

chaque facette soit égale à la grandeur de l'image du soleil; et c'est par cette raison qu'il y a une certaine proportion entre la grandeur des miroirs plans et les distances, et que, pour brûler plus loin, on peut employer, même avec avantage, de plus grandes glaces dans mon miroir que pour brûler plus près.

Car si celà n'étoit pas, on sent bien qu'en réduisant, par exemple, mes glaces de six pouces à trois pouces, et employant quatre fois autant de ces glaces que des premières, ce qui revient au même pour l'étendue de la surface du miroir, j'aurois eu quatre fois plus d'effet, et que plus les glaces seroient petites, et plus le miroir produiroit d'effet; et c'est à ceci que se seroit réduit l'art de quelqu'un qui auroit seulement tenté d'inscrire une surface polygone dans une sphère, et qui auroit imaginé l'ajustement dont je me suis servi pour faire changer à volonté la courbure de cette surface : il auroit fait les glaces les plus petites qu'il auroit été possible; mais le fond et la théorie de la chose est d'avoir reconnu qu'il n'étoit pas seulement question d'inscrire une surface polygone dans une sphère avec exactitude, et d'en faire varier la courbure à volonté, mais encore que chaque partie de cette surface devoit avoir une certaine grandeur déterminée pour produire aisément un grand effet; ce qui fait un problème fort différent, et dont la solution m'a fait voir qu'au lieu de travailler ou de briser un miroir dans toutes ses parties pour faire coïncider les images au même endroit, il suffisoit de le briser ou de le travailler à facettes planes en grandes portions égales à la grandeur de l'image, et qu'il y avoit peu à gagner en le brisant en de trop petites parties, ou, ce qui est la même chose, en le travaillant exactement dans tous ses points. C'est pour cela que j'ai dit dans mon mémoire que pour brûler à de grandes distances, il falloit imaginer quelque chose de nouveau et tout-à-fait indépendant de ce qu'on avoit pensé et pratiqué jusqu'ici; et ayant supputé géométriquement la différence, j'ai trouvé qu'un miroir parfait, de quelque courbure qu'il puisse être, n'aura jamais plus d'avantage sur le mien que de 17 à 10, et qu'en même temps l'exécution en seroit im-

possible pour ne brûler même qu'à une petite distance comme de vingt-cinq ou trente pieds. Mais revenons aux assertions de Descartes.

Il dit ensuite, « qu'ayant deux verres ou miroirs ardents, dont l'un soit beaucoup plus grand que l'autre, de quelque façon qu'ils puissent être, pourvu que leurs figures soient toutes pareilles, le plus grand doit bien ramasser les rayons du soleil en un plus grand espace et plus loin de soi que le plus petit, mais que ces rayons ne doivent point avoir plus de force en chaque partie de cet espace qu'en celui où le plus petit les ramasse, en sorte qu'on peut faire des verres ou miroirs extrêmement petits, qui brûleront avec autant de violence que les plus grands. »

Ceci est absolument contraire aux expériences que j'ai rapportées dans mon mémoire, où j'ai fait voir qu'à égale intensité de lumière un grand foyer brûle beaucoup plus qu'un petit : et c'est en partie sur cette remarque, tout opposée au sentiment de Descartes, que j'ai fondé la théorie de mes miroirs; car voici ce qui suit de l'opinion de ce philosophe. Prenons un grand miroir, ardent comme celui du sieur Segard, qui a trente-deux pouces de diamètre, et un foyer de neuf lignes de largeur à six pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en une minute, et faisons dans les mêmes proportions un petit miroir ardent de trente-deux lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{9}{12}$ ou de $\frac{3}{4}$ de ligne de diamètre, et la distance de six pouces : puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue de son foyer, qui est de neuf lignes, le petit doit, selon Descartes, fondre dans le même temps la matière dans l'étendue de son foyer, qui est de $\frac{3}{4}$ de ligne : or j'en appelle à l'expérience, et on verra que, bien loin de fondre le cuivre, à peine ce petit verre brûlant pourra-t-il lui donner un peu de chaleur.

Comme ceci est une remarque physique et qui n'a pas peu servi à augmenter mes espérances lorsque je doutois encore si je pourrois produire du feu à une grande distance, je crois devoir communiquer ce que j'ai pensé à ce sujet.

La première chose à laquelle je fis attention, c'est que la chaleur se communique de proche en proche et se disperse, quand même elle est appliquée continuellement sur le même point : par exemple, si on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, et que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le centre de l'écu se disperse et s'étend dans le volume entier de l'écu, et il devient chaud jusqu'à la circonférence; dès-lors toute la chaleur, quoique employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, et ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeuroit tout entière. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne, qui tombe sur le milieu de l'écu, je fais tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale force au premier; toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas, il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier; et le point du milieu profitant de la chaleur des autres points autant que ces points profitent de la sienne, l'écu sera fondu par la chaleur dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il n'aura été que légèrement échauffé. De là je conclus que toutes les fois qu'on peut faire un grand foyer, on est sûr de produire de plus grands effets qu'avec un petit foyer, quoique l'intensité de lumière soit la même dans tous deux, et qu'un petit miroir ardent ne peut jamais faire autant d'effet qu'un grand; et même qu'avec une moindre intensité de lumière un grand miroir doit faire plus d'effet qu'un petit, la figure de ces deux miroirs étant toujours supposée semblable. Ceci, qui, comme l'on voit, est directement opposé à ce que dit Descartes, s'est trouvé confirmé par les expériences rapportées dans mon mémoire. Mais je ne me suis pas borné à savoir d'une manière générale que les grands foyers agissoient avec plus de force que les petits : j'ai déterminé à très peu près de combien est cette augmentation de force, et j'ai vu qu'elle étoit très considérable; car j'ai trouvé que s'il faut dans un miroir cent quarante-quatre fois la surface d'un foyer de six lignes de diamètre pour brûler, il faut au moins le double, c'est-à-dire deux cent quatre-vingt-huit fois cette surface pour brûler à un foyer de deux lignes,

et qu'à un foyer de six pouces il ne faut pas trente fois cette même surface du foyer pour brûler; ce qui fait, comme l'on voit, une prodigieuse différence, sur laquelle j'ai compté lorsque j'ai entrepris de faire mon miroir; sans cela il y auroit eu de la témérité à l'entreprendre, et il n'auroit pas réussi. Car supposons un instant que je n'eusse pas eu cette connoissance de l'avantage des grands foyers sur les petits, voici comme j'aurois été obligé de raisonner. Puisqu'il faut à un miroir deux cent quatre-vingt-huit fois la surface du foyer pour brûler dans un espace de deux lignes, il faudra de même deux cent quatre-vingt-huit glaces ou miroirs de six pouces pour brûler dans un espace de six pouces; et dès-lors pour brûler seulement à cent pieds, il auroit fallu un miroir composé d'environ onze cent cinquante-deux glaces de six pouces; ce qui étoit une grandeur énorme pour un petit effet, et cela étoit plus que suffisant pour me faire abandonner mon projet : mais connoissant l'avantage considérable des grands foyers sur les petits, qui, dans ce cas, est de 288 à 30, je sentis qu'avec cent vingt glaces de six pouces je brûlerois très certainement à cent pieds; et c'est sur cela que j'entrepris avec confiance la construction de mon miroir, qui, comme l'on voit, suppose une théorie, tant mathématique que physique, fort différente de ce qu'on pouvoit imaginer au premier coup d'œil.

Descartes ne devoit donc pas affirmer qu'un petit miroir ardent brûleroit aussi violemment qu'un grand.

Il dit ensuite : « Et un miroir ardent dont le diamètre n'est pas plus grand qu'environ la centième partie de la distance qui est entre lui et le lieu où il doit rassembler les rayons du soleil, c'est-à-dire qui a même proportion avec cette distance qu'a le diamètre du soleil avec celle qui est entre lui et nous, fût-il poli par un ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble échauffent plus en l'endroit où il les assemble que ceux qui viennent directement du soleil; ce qui se doit aussi entendre des verres brûlants à proportion : d'où vous pouvez voir que ceux qui ne sont qu'à demi savants en l'optique se laissent persuader beaucoup de choses qui sont impossibles, et que ces mi-

roirs dont on a dit qu'Archimède brûloit des navires de fort loin devoient être extrêmement grands, ou plutôt qu'ils sont fabuleux.»

C'est ici que je bornerai mes réflexions : si notre illustre philosophe eût su que les grands foyers brûlent plus que les petits à égale intensité de lumière, il auroit jugé bien différemment, et il auroit mis une forte restriction à cette conclusion.

Mais, indépendamment de cette connoissance qui lui manquoit, son raisonnement n'est point du tout exact; car un miroir ardent dont le diamètre n'est pas plus grand qu'environ la centième partie qui est entre lui et le lieu où il doit rassembler les rayons n'est plus un miroir ardent, puisque le diamètre de l'image est environ égal au diamètre du miroir dans ce cas, et par conséquent il ne peut rassembler les rayons, comme le dit Descartes, qui semble n'avoir pas vu qu'on doit réduire ce cas à celui des miroirs plans. Mais de plus, en n'employant que ce qu'il savoit et ce qu'il avoit prévu, il est visible que s'il eût réfléchi sur l'effet de ce prétendu miroir qu'il suppose poli par un ange, et qui ne doit pas rassembler, mais seulement réfléchir la lumière avec autant de force qu'elle en a en venant directement du soleil, il auroit vu qu'il étoit possible de brûler à de grandes distances avec un miroir de médiocre grandeur, s'il eût pu lui donner la figure convenable; car il auroit trouvé que, dans cette hypothèse, un miroir de cinq pieds auroit brûlé à plus de deux cents pieds, parce qu'il ne faut pas six fois la chaleur du soleil pour brûler à cette distance; et, de même, qu'un miroir de sept pieds auroit brûlé à près de quatre cents pieds, ce qui ne fait pas des miroirs assez grands pour qu'on puisse les traiter de fabuleux.

Il me reste à observer que Descartes ignoroit combien il falloit de fois la lumière du soleil pour brûler; qu'il ne dit pas un mot des miroirs plans; qu'il étoit fort éloigné de soupçonner la mécanique par laquelle on pouvoit les disposer pour brûler au loin, et que par conséquent il a prononcé sans avoir assez de connoissances sur cette matière, et même sans avoir fait assez de réflexions sur ce qu'il en savoit.

Au reste, je ne suis pas le premier qui ait fait quelques reproches à Descartes sur ce sujet, quoique j'en aie acquis le droit plus qu'un autre; car, pour ne pas sortir du sein de cette compagnie [1], je trouve que M. du Fay en a presque dit autant que moi. Voici ses paroles : « Il ne s'agit pas, dit-il, si un tel miroir qui brûleroit à six cents pieds est possible ou non, mais si, physiquement parlant, cela peut arriver. Cette opinion a été extrêmement contredite, et je dois mettre Descartes à la tête de ceux qui l'ont combattue. « Mais quoique M. du Fay regardât la chose comme impossible à exécuter, il n'a pas laissé de sentir que Descartes avoit eu tort d'en nier la possibilité dans la théorie. J'avouerai volontiers que Descartes a entrevu ce qui arrive aux images réfléchies ou réfractées à différentes distances, et qu'à cet égard sa théorie est peut-être aussi bonne que celle de M. du Fay, que ce dernier n'a pas développée; mais les inductions qu'il en tire sont trop générales et trop vagues, et les dernières conséquences sont fausses; car si Descartes eût bien compris toute cette matière, au lieu de traiter le miroir d'Archimède de chose impossible et fabuleuse, voici ce qu'il auroit dû conclure de sa propre théorie. Puisqu'un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand que la centième partie de la distance qui est entre le lieu où il doit rassembler les rayons du soleil, fût-il poli par un ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble échauffent plus en l'endroit où il les assemble que ceux qui viennent directement du soleil, ce miroir ardent doit être considéré comme un miroir plan parfaitement poli, et par conséquent, pour brûler à une grande distance, il faut autant de ces miroirs plans qu'il faut de fois la lumière directe du soleil pour brûler; en sorte que les miroirs dont on dit qu'Archimède s'est servi pour brûler des vaisseaux de loin devoient être composés de miroirs plans, dont il falloit au moins un nombre égal au nombre de fois qu'il faut à la lumière directe du soleil pour brûler. Cette conclusion, qui eût été la vraie selon ses principes, est, comme l'on voit, fort différente de celle qu'il a donnée.

[1] L'Académie royale des Sciences.

On est maintenant en état de juger si je n'ai pas traité le célèbre Descartes avec tous les égards que mérite son grand nom, lorsque j'ai dit dans mon mémoire : « Descartes, né pour juger et même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention ; et son opinion a prévalu sur les témoignages et la croyance de toute l'antiquité. »

Ce que je viens d'exposer suffit pour justifier ces termes que l'on m'a reprochés, et peut-être même sont-ils trop forts, car Archimède étoit un très grand génie; et lorsque j'ai dit que Descartes étoit né pour le juger, et même pour le surpasser, j'ai senti qu'il pouvoit bien y avoir un peu de compliment national dans mon expression.

J'aurois encore beaucoup de choses à dire sur cette matière ; mais comme ceci est déjà bien long, quoique j'aie fait tous mes efforts pour être court, je me bornerai pour le fond du sujet à ce que je viens d'exposer ; mais je ne puis me dispenser de parler encore un moment au sujet de l'historique de la chose, afin de satisfaire, par ce seul mémoire, à toutes les objections et difficultés qu'on m'a faites.

Je ne prétends pas prononcer affirmativement qu'Archimède se soit servi de pareils miroirs au siége de Syracuse, ni même que ce soit lui qui les ait inventés; et je ne les ai appelés *les miroirs d'Archimède* que parce qu'ils étoient connus sous ce nom depuis plusieurs siècles. Les auteurs contemporains et ceux des temps qui suivent celui d'Archimède, et qui sont parvenus jusqu'à nous, ne font pas mention de ces miroirs : Tite-Live, à qui le merveilleux fait tant de plaisir à raconter, n'en parle pas ; Polybe, à l'exactitude de qui les grandes inventions n'auroient pas échappé, puisqu'il entre dans le détail des plus petites, et qu'il décrit très soigneusement les plus légères circonstances du siége de Syracuse, garde un silence profond au sujet de ces miroirs; Plutarque, ce judicieux et grave auteur, qui a rassemblé un si grand nombre de faits particuliers de la vie d'Archimède, parle aussi peu des miroirs que les deux précédents. En voilà plus qu'il n'en faut

pour se croire fondé à douter de la vérité de cette histoire ; cependant ce ne sont ici que des témoignages négatifs ; et quoiqu'ils ne soient pas indifférents, ils ne peuvent jamais donner une probabilité équivalente à celle d'un seul témoignage positif.

Galien, qui vivoit dans le second siècle, est le premier qui en ait parlé ; et, après avoir raconté l'histoire d'un homme qui enflamma de loin un morceau de bois résineux, mêlé avec de la fiente de pigeon, il dit que c'est de cette façon qu'Archimède brûla les vaisseaux des Romains ; mais, comme il ne décrit pas ce moyen de brûler de loin, et que son expression peut signifier aussi bien un feu qu'on auroit lancé à la main ou par quelque machine, qu'une lumière réfléchie par un miroir, son témoignage n'est pas assez clair pour qu'on puisse en rien conclure d'affirmatif. Cependant on doit présumer, et même avec une grande probabilité, qu'il ne rapporte l'histoire de cet homme qui brûla au loin que parce qu'il le fit d'une manière singulière, et que, s'il n'eût brûlé qu'en lançant le feu à la main, ou en le jetant par le moyen d'une machine, il n'y auroit eu rien d'extraordinaire dans cette façon d'enflammer, rien par conséquent qui fût digne de remarque, et qui méritât d'être rapporté et comparé à ce qu'avoit fait Archimède, et dès-lors Galien n'en eût pas fait mention.

On a aussi des témoignages semblables de deux ou trois autres auteurs du troisième siècle, qui disent seulement qu'Archimède brûla de loin les vaisseaux des Romains, sans expliquer les moyens dont il se servit ; mais les témoignages des auteurs du douzième siècle ne sont point équivoques, et surtout ceux de Zonaras et de Tzetzès que j'ai cités ; c'est-à-dire ils nous font voir clairement que cette invention étoit connue des anciens ; car la description qu'en fait ce dernier auteur suppose nécessairement où qu'il eût trouvé lui-même le moyen de construire ces miroirs, ou qu'il l'eût appris et cité d'après quelque auteur qui en avoit fait une très exacte description, et que l'inventeur, quel qu'il fût, entendoit à fond la théorie de ces miroirs ; ce qui résulte de ce que dit Tzetzès de la figure

de vingt-quatre angles ou côtés qu'avoient les petits miroirs, ce qui est en effet la figure la plus avantageuse. Ainsi on ne peut pas douter que ces miroirs n'aient été inventés et exécutés autrefois, et le témoignage de Zonaras, au sujet de Proclus, n'est pas suspect; Proclus s'en servit, dit-il, au siége de Constantinople, l'an 514, et il brûla la flotte de Vitalien. » Et même ce que Zonaras ajoute me paroît une espèce de preuve qu'Archimède étoit le premier inventeur de ces miroirs; car il dit précisément que cette découverte étoit ancienne, et que l'historien Dion en attribue l'honneur à Archimède, qui la fit et s'en servit contre les Romains au siége de Syracuse. Les livres de Dion où il est parlé du siége de Syracuse ne sont pas parvenus jusqu'à nous; mais il y a grande apparence qu'ils existoient encore du temps de Zonaras, et que, sans cela, il ne les eût pas cités comme il l'a fait. Ainsi, toutes les probabilités de part et d'autre étant évaluées, il reste une forte présomption qu'Archimède avoit en effet inventé ces miroirs, et qu'il s'en étoit servi contre les Romains. Feu M. Melot, que j'ai cité dans mon mémoire, et qui avoit fait des recherches particulières et très exactes sur ce sujet, étoit de ce sentiment, et il pensoit qu'Archimède avoit en effet brûlé les vaisseaux à une distance médiocre, et, comme dit Tzetzès, à la portée du trait. J'ai évalué la portée du trait à cent cinquante pieds, d'après ce que m'en ont dit des savants très versés dans la connoissance des usages anciens : ils m'ont assuré que toutes les fois qu'il est question, dans les auteurs, de la portée du trait, on doit entendre la distance à laquelle un homme lançoit à la main un trait ou un javelot; et, si cela est, je crois avoir donné à cette distance toute l'étendue qu'elle peut comporter.

J'ajouterai qu'il n'est question dans aucun auteur ancien d'une plus grande distance, comme de trois stades, et j'ai déjà dit que l'auteur qu'on m'avoit cité, Diodore de Sicile, n'en parle pas, non plus que du siége de Syracuse, et que ce qui nous reste de cet auteur finit à la guerre d'Ipsus et d'Antigonus, environ soixante ans avant le siége de Syracuse. Ainsi on ne peut pas excuser Descartes en supposant qu'il a cru que la

distance à laquelle on a prétendu qu'Archimède avoit brûlé étoit très grande, comme par exemple de trois stades, puisque cela n'est dit dans aucun auteur ancien, et qu'au contraire il est dit dans Tzetzès que cette distance n'étoit que de la portée du trait; mais je suis convaincu que c'est cette même distance que Descartes a regardée comme fort grande, et qu'il étoit persuadé qu'il n'étoit pas possible de faire des miroirs pour brûler à cent cinquante pieds; qu'enfin c'est pour cette raison qu'il a traité ceux d'Archimède de fabuleux.

Au reste, les effets du miroir que j'ai construit ne doivent être regardés que comme des essais sur lesquels, à la vérité, on peut statuer, toutes les proportions gardées, mais qu'on ne doit pas considérer comme les plus grands effets possibles; car je suis convaincu que si on vouloit faire un miroir semblable, avec toutes les attentions nécessaires, il produiroit plus du double de l'effet. La première attention seroit de prendre des glaces de figure hexagone, ou même de vingt-quatre côtés, au lieu de les prendre barlongues, comme celles que j'ai employées, et cela, afin d'avoir des figures qui pussent s'ajuster ensemble sans laisser de grands intervalles, et qui approchassent en même temps de la figure circulaire. La seconde seroit de faire polir ces glaces jusqu'au dernier degré par un lunetier, au lieu de les employer telles qu'elles sortent de la manufacture, où le poliment se faisant par une portion de cercle, les glaces sont toujours un peu concaves et irrégulières. La troisième attention seroit de choisir, parmi un grand nombre de glaces, celles qui donneroient à une grande distance une image plus vive et mieux terminée, ce qui est extrêmement important, et au point qu'il y a dans mon miroir des glaces qui font seules trois fois plus d'effet que d'autres à une grande distance, quoiqu'à une petite distance, comme de vingt ou vingt-cinq pieds, l'effet en paroisse absolument le même. Quatrièmement, il faudroit des glaces d'un demi-pied tout au plus de surface pour brûler à cent cinquante ou deux cents pieds, et d'un pied de surface pour brûler à trois ou quatre cents pieds. Cinquièmement, il faudroit les

faire étamer avec plus de soin qu'on ne le fait ordinairement. J'ai remarqué qu'en général les glaces fraîchement étamées réfléchissent plus de lumière que celles qui le sont anciennement; l'étamage, en se séchant, se gerce, se divise et laisse de petits intervalles qu'on aperçoit en y regardant de près avec une loupe; et ces petits intervalles donnant passage à la lumière, la glace en réfléchit d'autant moins. On pourroit trouver le moyen de faire un meilleur étamage, et je crois qu'on y parviendroit en employant de l'or et du vif-argent : la lumière seroit peut-être un peu jaune par la réflexion de cet étamage; mais bien loin que cela fît un désavantage, j'imagine au contraire qu'il y auroit à gagner, parce que les rayons jaunes sont ceux qui ébranlent le plus fortement la rétine et qui brûlent le plus violemment, comme je crois m'en être assuré, en réunissant, au moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de rayons jaunes qui m'étoient fournis par un grand prisme, et en comparant leur action avec une égale quantité de rayons de toute autre couleur, réunis par le même verre lenticulaire, et fournis par le même prisme.

Sixièmement, il faudroit un châssis de fer et des vis de cuivre, et un ressort pour assujettir chacune des petites planches qui portent les glaces; tout cela conforme à un modèle que j'ai fait exécuter par le sieur Chopitel, afin que la sécheresse et l'humidité, qui agissent sur le châssis et les vis en bois, ne causassent pas d'inconvénient, et que le foyer, lorsqu'il est une fois formé, ne fût pas sujet à s'élargir, et à se déranger lorsqu'on fait rouler le miroir sur son pivot, et qu'on le fait tourner autour de son axe pour suivre le soleil : il faudroit aussi y ajouter une alidade avec deux pinules au milieu de la partie inférieure du châssis, afin de s'assurer de la position du miroir par rapport au soleil, et une autre alidade semblable, mais dans un plan vertical au plan de la première, pour suivre le soleil à ses différentes hauteurs.

Au moyen de toutes ces attentions, je crois pouvoir assurer, par l'expérience que j'ai acquise en me servant de mon miroir, qu'on pourroit en réduire la grandeur à moitié, et qu'au lieu

d'un miroir de sept pieds avec lequel j'ai brûlé du bois à cent cinquante pieds, on produiroit le même effet avec un miroir de cinq pieds et demi, ce qui n'est, comme l'on voit, qu'une très médiocre grandeur pour un très grand effet; et, de même, je crois pouvoir assurer qu'il ne faudroit alors qu'un miroir de quatre pieds et demi pour brûler à cent pieds, et qu'un miroir de trois pieds et demi brûleroit à soixante pieds, ce qui est une distance bien considérable en comparaison du diamètre du miroir.

Avec un assemblage de petits miroirs plans hexagones et d'acier poli, qui auroient plus de solidité, plus de durée que les glaces étamées, et qui ne seroient point sujets aux altérations que la lumière du soleil fait subir à la longue à l'étamage, on pourroit produire des effets très utiles, et qui dédommageroient amplement des dépenses de la construction du miroir.

1° Pour toutes les opérations des eaux salées, où l'on est obligé de consommer du bois et du charbon, ou d'employer l'art des bâtiments de graduation, qui coûtent beaucoup plus que la construction de plusieurs miroirs tels que je les propose. Il ne faudroit, pour l'évaporation des eaux salées, qu'un assemblage de douze miroirs plans d'un pied carré chacun; la chaleur qu'ils réfléchiront à leur foyer, quoique dirigée au-dessous de leur niveau, et à quinze ou seize pieds de distance, sera encore assez grande pour faire bouillir l'eau, et produire, par conséquent, une prompte évaporation; car la chaleur de l'eau bouillante n'est que triple de la chaleur du soleil d'été; et, comme la réflexion d'une surface plane bien polie ne diminue la chaleur que de moitié, il ne faudroit que six miroirs pour produire au foyer une chaleur égale à celle de l'eau bouillante; mais j'en double le nombre, afin que la chaleur se communique plus vite, et aussi à cause de la perte occasionée par l'obliquité, sous laquelle le faisceau de la lumière tombe sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer, et encore parce que l'eau salée s'échauffe plus lentement que l'eau douce. Ce miroir, dont l'assemblage ne formeroit qu'un carré

de quatre pieds de largeur sur trois de hauteur, seroit aisé à manier et à transporter; et, si l'on vouloit en doubler ou tripler les effets dans le même temps, il vaudroit mieux faire plusieurs miroirs semblables, c'est-à-dire doubler ou tripler le nombre de ces mêmes miroirs de quatre pieds sur trois, que d'en augmenter l'étendue, car l'eau ne peut recevoir qu'un certain degré de chaleur déterminée, et l'on gagneroit presque rien à augmenter ce degré, et par conséquent la grandeur du miroir; au lieu qu'en faisant deux foyers par deux miroirs égaux, on doublera l'effet de l'évaporation, et on le triplera pour trois miroirs dont les foyers tomberont séparément les uns des autres sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer. Au reste, l'on ne peut éviter la perte causée par l'obliquité; et si l'on veut y remédier, ce ne peut être que par une autre perte encore plus grande, en recevant d'abord des rayons du soleil sur une grande glace qui les réfléchiroit sur le miroir brisé; car alors il brûleroit en bas, au lieu de brûler en haut; mais il perdroit moitié de la chaleur par la première réflexion, et moitié du reste par la seconde; en sorte qu'au lieu de six petits miroirs, il en faudroit douze pour obtenir une chaleur égale à celle de l'eau bouillante.

Pour que l'évaporation se fasse avec plus de succès, il faudra diminuer l'épaisseur de l'eau autant qu'il sera possible. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur ne s'évaporera pas aussi vite, à beaucoup près, que la masse même réduite à six pouces d'épaisseur et augmentée du double en superficie. D'ailleurs le fond étant plus près de la surface, il s'échauffe plus promptement, et cette chaleur que reçoit le fond du vaisseau contribue encore à la célérité de l'évaporation.

2° On pourra se servir avec avantage de ces miroirs pour calciner les plâtres et même les pierres calcaires; mais il les faudroit plus grands et placer les matières en haut, afin de ne rien perdre par l'obliquité de la lumière. On a vu par les expériences détaillées dans le second de ces mémoires que le gypse s'échauffe plus d'une fois plus vite que la pierre calcaire tendre, et près de deux fois plus vite que le marbre ou la

pierre calcaire dure; leur calcination respective doit être en même raison. J'ai trouvé, par une expérience répétée trois fois, qu'il faut un peu plus de chaleur pour calciner le gypse blanc qu'on appelle *albâtre* que pour fondre le plomb. Or la chaleur nécessaire pour fondre le plomb est, suivant les expériences de Newton, huit fois plus grande que la chaleur du soleil d'été : il faudroit donc au moins seize petits miroirs pour calciner le gypse; et à cause des pertes occasionées tant par l'obliquité de la lumière que par l'irrégularité du foyer, qu'on n'éloignera pas au-delà de quinze pieds, je présume qu'il faudroit vingt et peut-être vingt-quatre miroirs d'un pied carré chacun pour calciner le gypse en peu de temps : par conséquent il faudroit un assemblage de quarante-huit de ces petits miroirs pour opérer la calcination sur la pierre calcaire la plus tendre, et soixante-douze des mêmes miroirs d'un pied en carré pour calciner les pierres calcaires dures. Or un miroir de douze pieds de largeur sur six pieds de hauteur ne laisse pas d'être une grosse machine embarrassante et difficile à mouvoir, à monter et à maintenir. Cependant on viendroit à bout de ces difficultés, si le produit de la calcination étoit assez considérable pour équivaloir et même surpasser la dépense de la consommation du bois : il faudroit, pour s'en assurer, commencer par calciner le plâtre avec un miroir de vingt-quatre pièces, et, si cela réussissoit, faire deux autres miroirs pareils, au lieu d'en faire un grand de soixante-douze pièces; car, en faisant coïncider les foyers de ces trois miroirs de vingt-quatre pièces, on produira une chaleur égale, et qui seroit assez forte pour calciner le marbre ou la pierre dure.

Mais une chose très essentielle reste douteuse; c'est de savoir combien il faudroit de temps pour calciner, par exemple, un pied cube de matière, surtout si ce pied cube n'étoit frappé de chaleur que par une face : je vois qu'il se passeroit du temps avant que la chaleur eût pénétré toute son épaisseur; je vois que, pendant tout ce temps, il s'en perdroit une assez grande partie qui sortiroit de ce bloc de matière après y être entrée : je crains donc beaucoup que la pierre n'étant pas saisie par la

chaleur de tous les côtés à la fois, la calcination ne fût très lente, et le produit en chaux très petit. L'expérience seule peut ici décider; mais il faudroit au moins la tenter sur les matières gypseuses, dont la calcination doit être une fois plus prompte que celle des pierres calcaires [1].

En concentrant cette chaleur du soleil dans un four qui n'auroit d'autre ouverture que celle qui laisseroit entrer la lumière, on empêcheroit en grande partie la chaleur de s'évaporer; et en mêlant avec les pierres calcaires une petite quantité de brasque ou poudre de charbon, qui de toutes les matières combustibles est la moins chère, cette légère quantité d'aliment suffiroit pour nourrir et augmenter de beaucoup la quantité de chaleur; ce qui produiroit une plus ample et plus prompte calcination, et à très peu de frais; comme on l'a vu par la seconde expérience du quatrième mémoire.

3° Ces miroirs d'Archimède peuvent servir en effet à mettre le fer dans des voiles de vaisseau, et même dans le bois goudronné, à plus de cent cinquante pieds de distance : on pourroit s'en servir aussi contre ses ennemis en brûlant les blés et les autres productions de la terre : cet effet, qui seroit assez prompt, seroit très dommageable. Mais ne nous occupons pas des moyens de faire du mal, et ne pensons qu'à ceux qui peuvent procurer quelque bien à l'humanité.

4° Ces miroirs fournissent le seul et unique moyen qu'il y ait de mesurer exactement la chaleur : il est évident que deux miroirs dont les images lumineuses se réunissent produisent une chaleur double dans tous les points de la surface qu'elles occupent; que trois, quatre, cinq, etc., miroirs donneront de même une chaleur triple, quadruple, quintuple, etc., et que par conséquent on peut par ce moyen faire un thermomètre dont les divisions ne seront pas arbitraires, et les échelles

[1] Il vient de paroître un petit ouvrage rempli de grandes vues, de M. l'abbé Scipion Bexon, qui a pour titre : *Système de la fertilisation*. Il propose mes miroirs comme un moyen facile pour réduire en chaux toutes les matières : mais il leur attribue plus de puissance qu'ils n'en ont réellement, et ce n'est qu'en les multipliant qu'on pourroit obtenir les grands effets qu'il s'en promet.

différentes, comme le sont celles de tous les thermomètres dont on s'est servi jusqu'à ce jour. La seule chose arbitraire qui entreroit dans la construction de ce thermomètre seroit la supposition du nombre total des parties du mercure en partant du degré de froid absolu; mais en le prenant à 10,000 au-dessous de la congélation de l'eau, au lieu de 1000, comme dans nos thermomètres ordinaires, on approcheroit beaucoup de la réalité, surtout en choisissant les jours de l'hiver les plus froids pour graduer le thermomètre; chaque image du soleil lui donneroit un degré de chaleur au-dessus de la température que nous supposerons à celui de la glace. Le point auquel s'élèveroit le mercure par la chaleur de la première image du soleil seroit marqué 1; le point où il s'élèveroit par la chaleur de deux images égales et réunies sera marqué 2; celui où trois images le feront monter sera marqué 3; et ainsi de suite, jusqu'à la plus grande hauteur, qu'on pourroit étendre jusqu'au degré 36. On auroit à ce degré une augmentation de chaleur trente-six fois plus grande que celle du premier degré, dix-huit fois plus grande que celle du second, douze fois plus grande que celle du troisième, neuf fois plus grande que celle du quatrième, etc. : cette augmentation 36 de chaleur au-dessus de celle de la glace seroit assez grande pour fondre le plomb, et il y a toute apparence que le mercure, qui se volatilise à une bien moindre chaleur, feroit par sa vapeur casser le thermomètre. On ne pourra donc étendre la division que jusqu'à 12, et peut-être même à neuf degrés, si l'on se sert de mercure pour ces thermomètres; et l'on n'aura par ce moyen que les degrés d'une augmentation de chaleur jusqu'à 9. C'est une des raisons qui avoient déterminé Newton à se servir d'huile de lin au lieu de mercure; et en effet on pourra, en se servant de cette liqueur, étendre la division non-seulement à 12 degrés, mais jusqu'au point de cette huile bouillante. Je ne propose pas de remplir ces thermomètres avec de l'esprit-de-vin coloré, il est universellement reconnu que cette liqueur se décompose au bout d'un assez petit temps [1], et que d'ailleurs elle

[1] Plusieurs voyageurs m'ont écrit que les thermomètres à l'esprit-de-vin,

ne peut servir aux expériences d'une chaleur un peu forte.

Lorsqu'on aura remarqué sur l'échelle de ces thermomètres remplis d'huile ou de mercure les premières divisions 1, 2, 3, 4, etc., qui indiqueront le double, le triple, le quadruple, etc., des augmentations de la chaleur, il faudra chercher les parties aliquotes de chaque division : par exemple, les points de $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$, etc., ou de $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, etc., et de $1\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$, $3\frac{3}{4}$, etc.; ce que l'on obtiendra par un moyen facile, qui sera de couvrir la moitié ou le quart ou les trois quarts de la superficie d'un des petits miroirs; car alors l'image qui réfléchira ne contiendra que le quart, la moitié ou les trois quarts de la chaleur que contient l'image entière; et par conséquent les divisions des parties aliquotes seront aussi exactes que celles des nombres entiers.

Si l'on réussit une fois à faire ce thermomètre réel, et que j'appelle ainsi parce qu'il marqueroit réellement la proportion de la chaleur, tous les autres thermomètres, dont les échelles sont arbitraires et différentes entre elles, deviendroient non-seulement superflus, mais même nuisibles, dans bien des cas, à la précision des vérités physiques qu'on cherche par leur moyen. On peut se rappeler l'exemple que j'en ai donné, en parlant de l'estimation de la chaleur qui émane du globe de la terre, comparée à la chaleur qui nous vient du soleil.

5° Au moyen de ces miroirs brisés, on pourra aisément recueillir, dans leur entière pureté, les parties volatiles de l'or et de l'argent et des autres métaux et minéraux; car, en exposant au large foyer de ces miroirs une grande plaque de métal, comme une assiette ou un plat d'argent, on en verra sortir une fumée très abondante pendant un temps considérable, jusqu'au moment ou le métal tombe en fusion; et, en ne donnant qu'une chaleur un peu moindre que celle qu'exige la fusion, on fera évaporer le métal au point d'en diminuer le poids assez considérablement. Je me suis assuré de ce premier fait, qui peut fournir des lumières sur la composition intime

de Réaumur, leur étoient devenus tout-à-fait inutiles, parce que cette liqueur se décolore et se charge d'une espèce de boue en assez peu de temps.

des métaux : j'aurois bien désiré recueillir cette vapeur abondante que le feu pur du soleil fait sortir du métal, mais je n'avois pas les instrumens nécessaires; et je ne puis que recommander aux chimistes et aux physiciens de suivre cette expérience importante, dont les résultats seroient d'autant moins équivoques que la vapeur métallique est ici très pure; au lieu que, dans toute opération semblable qu'on voudroit faire avec un feu commun, la vapeur métallique seroit nécessairement mêlée d'autres vapeurs provenant des matières combustibles qui servent d'aliment à ce feu.

D'ailleurs ce moyen est peut-être le seul que nous ayons pour volatiliser les métaux fixes, tels que l'or et l'argent; car je présume que cette vapeur, que j'ai vu s'élever en si grande quantité de ces métaux échauffés au large foyer de mon miroir, n'est pas de l'eau ni quelque autre liqueur, mais des parties mêmes du métal que la chaleur en détache en les volatilisant. On pourroit, en recevant ainsi les vapeurs pures des différents métaux, les mêler ensemble, et faire, par ce moyen, des alliages plus intimes et plus purs qu'on ne l'a fait par la fusion et par la mixtion de ces mêmes métaux fondus, qui ne se marient jamais parfaitement, à cause de l'inégalité de leur pesanteur spécifique, et de plusieurs autres circonstances qui s'opposent à l'intimité et à l'égalité parfaite du mélange. Comme les parties constituantes de ces vapeurs métalliques sont dans un état de division bien plus grande que dans l'état de fusion., elle se joindroient et se réuniroient de bien plus près et plus facilement. Enfin on arriveroit peut-être, par ce moyen, à la connoissance d'un fait général, et que plusieurs bonnes raisons me font soupçonner depuis long-temps : c'est qu'il y auroit pénétration dans tous les alliages faits de c tte manière, et que leur pesanteur spécifique seroit toujours plus grande que la somme des pesanteurs spécifiques des matières dont ils seroient composés; car la pénétration n'est qu'un degré plus grand d'intimité; et l'intimité, toutes choses égales d'ailleurs, sera d'autant plus grande que les matières seront dans un état de division plus parfait.

En réfléchissant sur l'appareil des vaisseaux qu'il faudroit employer pour recevoir et recueillir ces vapeurs métalliques, il m'est venu une idée qui me paroît trop utile pour ne la pas publier; elle est aussi trop aisée à réaliser pour que les bons chimistes ne la saisissent pas : je l'ai même communiquée à quelques-uns d'entre eux, qui m'en ont paru très satisfaits. Cette idée est de geler le mercure dans ce climat-ci, et avec un degré de froid beaucoup moindre que celui des expériences de Pétersbourg ou de Sibérie. Il ne faut pour cela que recevoir la vapeur du mercure, qui est le mercure même volatilisé par une très médiocre chaleur, dans une cucurbite ou dans un vase auquel on donnera un certain degré de froid artificiel : ce mercure en vapeur, c'est-à-dire extrêmement divisé, offrira à l'action de ce froid des surfaces si grandes et des masses si petites, qu'au lieu de 187 degrés de froid qu'il faut pour geler le mercure en masse, il n'en faudroit peut être que 18 ou 20, même moins, pour le geler en vapeurs. Je recommande cette expérience importante à tous ceux qui travaillent de bonne foi à l'avancement des sciences.

Je pourrois ajouter à ces usages principaux du miroir d'Archimède plusieurs autres usages particuliers; mais j'ai cru devoir me borner à ceux qui m'ont paru les plus utiles et les moins difficiles à réduire en pratique. Néanmoins je crois devoir joindre ici quelques expériences que j'ai faites sur la transmission de la lumière à travers les corps transparents, et donner en même temps quelques idées nouvelles sur les moyens d'apercevoir de loin les objets à l'œil simple, ou par le moyen d'un miroir semblable à celui dont les anciens ont parlé, par l'effet duquel on apercevoit du port d'Alexandrie les vaisseaux d'aussi loin que la courbure de la terre pouvoit le permettre.

Tous les physiciens savent aujourd'hui qu'il y a trois causes qui empêchent la lumière de se réunir dans un point, lorsque ses rayons ont traversé le verre objectif d'une lunette ordinaire. La première est la courbure sphérique de ce verre, qui répand une partie des rayons dans un espace terminé par une courbe. La seconde est l'angle sous lequel nous paroît à l'œil

simple l'objet que nous observons; car la largeur du foyer de l'objectif a toujours, à très peu près, pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc qui mesure cet angle. La troisième est la différente réfrangibilité de la lumière; car les rayons les plus réfrangibles ne se rassemblent pas dans le même lieu où se rassemblent les rayons les moins réfrangibles.

On peut remédier à l'effet de la première cause en substituant, comme Descartes l'a proposé, des verres elliptiques ou hyperboliques aux verres sphériques. On remédie à l'effet de la seconde par le moyen d'un second verre placé au foyer de l'objectif, dont le diamètre est à peu près égal à la largeur de ce foyer, et dont la surface est travaillée sur une sphère d'un rayon fort court. On a trouvé de nos jours le moyen de remédier à la troisième en faisant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, et qui sont composées de deux sortes de verres qui dispersent différemment les rayons colorés, de manière que la dispersion de l'un est corrigée par la réfraction de l'autre, sans que la dispersion générale moyenne, qui constitue la lunette, soit anéantie. Une lunette de trois pieds et demi de longueur, faite sur ce principe, équivaut, pour l'effet, aux anciennes lunettes de vingt-cinq pieds de longueur.

Au reste, le remède à l'effet de la première cause est demeuré tout-à-fait inutile jusqu'à ce jour, parce que l'effet de la dernière, étant beaucoup plus considérable, influe si fort sur l'effet total, qu'on ne pouvoit rien gagner à substituer des verres hyperboliques ou elliptiques à des verres sphériques, et que cette substitution ne pouvoit devenir avantageuse que dans le cas où l'on ne pourroit trouver le moyen de corriger l'effet de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière. Il semble donc qu'aujourd'hui l'on feroit bien de combiner les deux moyens, et de substituer, dans les lunettes achromatiques, des verres elliptiques aux sphériques.

Pour rendre ceci plus sensible, supposons que l'objet qu'on observe soit un point lumineux sans étendue, tel qu'est une étoile fixe par rapport à nous; il est certain qu'avec un objectif, par exemple, de trente pieds de foyer, toutes les images

de ce point lumineux s'étendront en forme de courbe au foyer de ce verre s'il est travaillé sur une sphère, et qu'au contraire elles se réuniront en un point si ce verre est hyperbolique. Mais si l'objet qu'on observe a une certaine étendue, comme la lune, qui occupe environ un demi-degré d'espace à nos yeux, alors l'image de cet objet occupera un espace d'environ trois pouces de diamètre au foyer de l'objectif de trente pieds; et l'aberration causée par la sphéricité produisant une confusion dans un point lumineux quelconque, elle la produit de même sur tous les points lumineux du disque de la lune, et par conséquent la défigure en entier. Il y auroit donc, dans tous les cas, beaucoup d'avantage à se servir de verres elliptiques ou hyperboliques pour de longues lunettes, puisqu'on a trouvé le moyen de corriger en grande partie le mauvais effet produit par la différente réfrangibilité des rayons.

Il suit de ce que nous venons de dire que, si l'on veut faire une lunette de trente pieds pour observer la lune et la voir en entier, le verre oculaire doit avoir au moins trois pouces de diamètre pour recueillir l'image entière que produit l'objectif à son foyer; et que, si on vouloit observer cet astre avec une lunette de soixante pieds, l'oculaire doit avoir au moins six pouces de diamètre, parce que l'arc de la corde qui mesure l'angle sous lequel nous paroît la lune est dans ce cas de trois pouces et de six pouces à peu près : aussi les astronomes ne font jamais usage de lunettes qui renferment le disque entier de la lune, parce qu'elles grossiroient trop peu. Mais si on veut observer Vénus avec une lunette de soixante pieds, comme l'angle sous lequel elle nous paroît n'est que d'environ 60 secondes, le verre oculaire pourra n'avoir que quatre lignes de diamètre; et si on se sert d'un objectif de cent vingt pieds, un oculaire de huit lignes de diamètre suffiroit pour réunir l'image entière que l'objectif forme à son foyer.

De là on voit que quand même les rayons de lumière seroient également réfrangibles, on ne pourroit pas faire d'aussi fortes lunettes pour voir la lune en entier que pour voir les autres planètes; et que plus une planète est petite à nos yeux, et plus

nous pouvons augmenter la longueur de la lunette avec laquelle on peut la voir en entier. Dès-lors on conçoit bien que, dans cette même supposition des rayons également réfrangibles, il doit y avoir une certaine longueur déterminée, plus avantageuse qu'aucune autre pour telle ou telle planète, et que cette longueur de la lunette dépend non-seulement de l'angle sous lequel la planète paroît à notre œil, mais encore de la quantité de lumière dont elle est éclairée.

Dans les lunettes ordinaires, les rayons de la lumière étant différemment réfrangibles, tout ce qu'on pourroit faire dans cette vue pour les perfectionner ne seroit pas fort avantageux, parce que, sous quelque angle que paroisse à notre œil l'objet ou l'astre que nous voulons observer, et quelque intensité de lumière qu'il puisse avoir, les rayons ne se rassembleront jamais dans le même endroit : plus la lunette sera longue, plus il y aura d'intervalle [1] entre le foyer des rayons rouges et celui des rayons violets, et par conséquent plus sera confuse l'image de l'objet observé.

On ne peut donc perfectionner les lunettes par réfraction qu'en cherchant, comme on l'a fait, les moyens de corriger cet effet de la différente réfrangibilité, soit en composant la lunette des verres de différente densité, soit par d'autres moyens particuliers, et qui seroient différents selon les différents objets et les différentes circonstances. Supposons, par exemple, une courte lunette composée de deux verres, l'un convexe et l'autre concave des deux côtés; il est certain que cette lunette peut se réduire à une autre dont les deux verres soient plans d'un côté, et travaillés de l'autre côté sur des sphères dont le rayon seroit une fois plus court que celui des sphères sur lesquelles auroient été travaillés les verres de la première lunette. Maintenant, pour éviter une grande partie de l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, on peut faire cette seconde lunette d'une seule pièce de verre massif, comme je l'ai fait exécuter avec deux morceaux de verre blanc, l'un de deux pouces et demi de longueur, et l'autre d'un pouce

[1] Cet intervalle est d'un pied sur vingt-sept de foyer.

et demi : mais alors la perte de la transparence est un plus grand inconvénient que celui de la différente réfrangibilité qu'on corrige par ce moyen ; car ces deux petites lunettes massives de verre sont plus obscures qu'une petite lunette ordinaire du même verre et des mêmes dimensions : elles donnent, à la vérité, moins d'iris, mais elles n'en sont pas meilleures ; et si on les faisoit plus longues, toujours en verre massif, la lumière, après avoir traversé cette épaisseur de verre, n'auroit plus assez de force pour peindre l'image de l'objet à notre œil. Ainsi, pour faire des lunettes de dix ou vingt pieds, je ne vois que l'eau qui ait assez de transparence pour laisser passer la lumière sans l'éteindre en entier dans cette grande épaisseur : en employant donc de l'eau pour remplir l'intervalle entre l'objectif et l'oculaire, on diminuera en partie l'effet de la différente réfrangibilité [1], parce que celle de l'eau approche plus de celle de l'air ; et si on pouvoit, en chargeant l'eau de différents sels, lui donner le même degré de puissance réfringente qu'au verre, il n'est pas douteux qu'on ne corrigeât davantage, par ce moyen, l'effet de la différente réfrangibilité des rayons. Il s'agiroit donc d'employer une liqueur transparente qui auroit à peu près la même puissance réfrangible que le verre ; car alors il sera sûr que les deux verres, avec cette liqueur entre deux, corrigeront en partie l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, de la même façon qu'elle est corrigée dans la petite lunette massive dont je viens de parler.

Suivant les expériences de M. Bouguer, une ligne d'épaisseur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de la lumière, et par conséquent la diminution s'en feroit dans la proportion suivante :

[1] M. de Lalande, l'un de nos plus savants astronomes, après avoir lu cet article, a bien voulu me communiquer quelques remarques qui m'ont paru très justes, et dont j'ai profité. Seulement je ne suis pas d'accord avec lui sur ces lunettes remplies d'eau ; il croit « qu'on diminueroit très peu la différente réfrangibilité, parce que l'eau disperse les rayons colorés d'une manière différente du verre, et qu'il y auroit des couleurs qui proviendroient de l'eau, et d'autres du verre. » Mais en se servant du verre le moins dense, et en augmentant, par les sels, la densité de l'eau, on rapprocheroit de très peu leur puissance réfractive.

Épaisseur, 1, 2, 3, 4, 5, 6 lignes;
Diminutions, $\frac{2}{7}$, $\frac{10}{49}$, $\frac{50}{343}$, $\frac{250}{2401}$, $\frac{1250}{16807}$, $\frac{6250}{117649}$;

en sorte que, par la somme de ces six termes, on trouveroit que la lumière, qui passe à travers six lignes de verre, auroit déjà perdu $\frac{102024}{117649}$, c'est-à-dire environ le $\frac{10}{11}$ de sa quantité. Mais il faut considérer que M. Bouguer s'est servi de verres bien peu transparents, puisqu'il a vu qu'une ligne d'épaisseur de ces verres détruisoit $\frac{2}{7}$ de la lumière. Par les expériences que j'ai faites sur différentes espèces de verre blanc, il m'a paru que la lumière diminuoit beaucoup moins. Voici ces expériences, qui sont assez faciles à faire, et que tout le monde est en état de répéter.

Dans une chambre obscure dont les murs étoient noircis, qui me servoit à faire des expériences d'optique, j'ai fait allumer une bougie de cinq à la livre; la chambre étoit fort vaste, et la lumière de la bougie étoit la seule dont elle fût éclairée. J'ai d'abord cherché à quelle distance je pouvois lire un caractère d'impression, tel que celui de la gazette de Hollande, à la lumière de cette bougie, et j'ai trouvé que je lisois assez facilement ce caractère à vingt-quatre pieds quatre pouces de distance de la bougie. Ensuite, ayant placé devant la bougie, à deux pouces de distance, un morceau de verre provenant d'une glace de Saint-Gobin, réduite à une ligne d'épaisseur, j'ai trouvé que je lisois encore tout aussi facilement à vingt-deux pieds neuf pouces; et en substituant à cette glace d'une ligne d'épaisseur un autre morceau de deux lignes d'épaisseur et du même verre, j'ai lu aussi facilement à vingt-un pieds de distance de la bougie. Deux de ces mêmes glaces de deux lignes d'épaisseur, jointes l'une contre l'autre et mises devant la bougie, en ont diminué la lumière au point que je n'ai pu lire avec la même facilité qu'à dix-sept pieds et demi de distance de la bougie. Et enfin, avec trois glaces de deux lignes d'épaisseur chacune, je n'ai lu qu'à la distance de quinze pieds. Or, la lumière de la bougie diminuant comme le carré de la distance augmente, sa diminution auroit été dans la progression suivante, s'il n'y avoit point eu de glaces interposées.

$$\overline{24\tfrac{1}{3}}^{2}.\quad \overline{22\tfrac{3}{4}}^{2}.\quad \overline{21}^{2}.\quad \overline{17\tfrac{1}{2}}^{2}.\quad \overline{15}^{2}.$$

ou $592\tfrac{1}{9}.\quad 517\tfrac{9}{16}.\quad 441.\quad 306\tfrac{1}{4}.\quad 225.$

Donc les pertes de la lumière, par l'interposition des glaces, sont dans la progression suivante : $84\tfrac{79}{144}$. 151. $285\tfrac{7}{9}$. $367\tfrac{1}{4}$.

D'où l'on doit conclure qu'une ligne d'épaisseur de ce verre ne diminue la lumière que de $\frac{84}{592}$ ou d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes d'épaisseur la diminuent de $\frac{151}{592}$, pas tout-à-fait de $\frac{1}{4}$; et trois glaces de deux lignes, de $\frac{367}{592}$, c'est-à-dire moins de $\frac{2}{3}$.

Comme ce résultat est très différent de celui de M. Bouguer, et que néanmoins je n'avois garde de douter de la vérité de ses expériences, je répétai les miennes en me servant de verre à vitre commun : je choisis des morceaux d'une épaisseur égale, de trois quarts de ligne chacun. Ayant lu de même à vingt-quatre pieds quatre pouces de distance de la bougie, l'interposition d'un de ces morceaux de verre me fit rapprocher à vingt-un pieds et demi ; avec deux morceaux interposés et appliqués l'un sur l'autre, je ne pouvois plus lire qu'à dix-huit pieds un quart, et avec trois morceaux, à seize pieds : ce qui, comme l'on voit, se rapproche de la détermination de M. Bouguer ; car la perte de la lumière, en traversant ce verre de trois quarts de ligne, étant ici de $592\tfrac{1}{9} - 462\tfrac{1}{4} = 130$, le résultat $\frac{130}{592\frac{1}{9}}$, ou $\frac{65}{296}$, ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{3}{14}$, à quoi l'on doit réduire les $\frac{2}{7}$ donnés par M. Bouguer pour une ligne d'épaisseur, parce que mes verres n'avoient que trois quarts de ligne ; car $3 : 14 :: 65 : 303\tfrac{1}{3}$, terme qui ne diffère pas beaucoup de 296.

Mais avec du verre communément appelé *verre de Bohême*, j'ai trouvé, par les mêmes essais, que la lumière ne perdoit qu'un huitième en traversant une épaisseur d'une ligne, et qu'elle diminuoit dans la progression suivante :

Épaisseur, 1, 2, 3, 4, 5, 6, ... n.

Diminutions, $\frac{1}{8}.\ \frac{7}{64}.\ \frac{49}{512}.\ \frac{343}{4096}.\ \frac{2401}{32768}.\ \frac{16807}{262144}.$

ou .... $\frac{7^{0}}{8^{1}}\ \frac{7^{1}}{8^{2}}\ \frac{7^{2}}{8^{3}}\ \frac{7^{3}}{8^{4}}\ \frac{7^{4}}{8^{5}}\ \frac{7^{5}}{8^{6}}\ \frac{7^{n-1}}{8^{n}}$

Prenant la somme de ces termes, on aura un total de la diminution de la lumière à travers une épaisseur de verre d'un nombre donné de lignes; par exemple, la somme des six premiers termes est $\frac{244495}{662164}$. Donc la lumière ne diminue que d'un peu plus de moitié en traversant une épaisseur de six lignes de verre de Bohême, et elle en perdroit encore moins si, au lieu de trois morceaux de deux lignes appliqués l'un sur l'autre, elle n'avoit à traverser qu'un seul morceau de six lignes d'épaisseur.

Avec le verre que j'ai fait fondre en masse épaisse, j'ai vu que la lumière ne perdoit pas plus à travers quatre pouces et demi d'épaisseur de ce verre qu'à travers une glace de Saint-Gobin de deux lignes et demie d'épaisseur; il me semble donc qu'on pourroit en conclure que la transparence de ce verre étant à celle de cette glace comme 4 pouces $\frac{1}{2}$ sont à deux lignes $\frac{1}{2}$, ou 54 à 2$\frac{1}{2}$, c'est-à-dire plus de vingt-une fois plus grande, on pourroit faire de très bonnes petites lunettes massives de cinq à six pouces de longueur avec ce verre.

Mais pour des lunettes longues, on ne peut employer que de l'eau, et encore est-il à craindre que le même inconvénient ne subsiste; car quelle sera l'opacité qui résultera de cette quantité de liqueur que je suppose remplir l'intervalle entre les deux verres? Plus les lunettes seront longues, et plus on perdra de lumière; en sorte qu'il paroît, au premier coup d'œil, qu'on ne peut pas se servir de ce moyen, surtout pour les lunettes un peu longues; car, en suivant ce que dit M. Bouguer, dans son *Essai d'optique sur la gradation de la lumière*, neuf pieds sept pouces d'eau de mer font diminuer la lumière dans le rapport de 14 à 5; ou, ce qui revient à peu près au même, supposons que dix pieds d'épaisseur d'eau diminuent la lumière dans le rapport de 3 à 1, alors vingt pieds d'épaisseur d'eau la diminueront dans le rapport de 9 à 1; trente pieds la diminueront dans celui de 27 à 1, etc. Il paroît donc qu'on ne pourroit se servir de ces longues lunettes pleines d'eau que pour observer le soleil, et que les autres astres n'auroient pas assez de lumière pour qu'il fût possible de les apercevoir à travers

une épaisseur de vingt à trente pieds de liqueur intermédiaire.

Cependant, si l'on fait attention qu'en ne donnant qu'un pouce ou un pouce et demi d'ouverture à un objet de trente pieds, on ne laisse pas d'apercevoir très nettement les planètes dans les lunettes ordinaires de cette longueur, on doit penser qu'en donnant un plus grand diamètre à l'objectif, on augmenteroit la quantité de lumière dans la raison du carré de ce diamètre, et par conséquent si un pouce d'ouverture suffit pour voir distinctement un astre dans une lunette ordinaire, $\sqrt{3}$ pouces d'ouverture, c'est-à-dire vingt-une lignes environ de diamètre suffiront pour qu'on le voie aussi distinctement à travers une épaisseur de dix pieds d'eau, et qu'avec un verre de trois pouces de diamètre, on le verroit également à travers une épaisseur de vingt pieds; qu'avec un verre de $\sqrt{27}$ ou 5 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre, on le verroit à travers une épaisseur de trente pieds, et qu'il ne faudroit qu'un verre de neuf pouces de diamètre pour une lunette remplie de quarante pieds d'eau, et un verre de vingt-sept pouces pour une lunette de soixante pieds.

Il semble donc qu'on pourroit, avec espérance de réussir, faire construire une lunette sur ces principes; car en augmentant le diamètre de l'objectif, on regagne en partie la lumière que l'on perd par le défaut de transparence de la liqueur.

On ne doit pas craindre que les objectifs, quelque grands qu'ils soient, fassent une trop grande partie de la sphère sur laquelle ils seront travaillés, et que par cette raison les rayons de la lumière ne puissent se réunir exactement; car, en supposant même ces objectifs sept ou huit fois plus grands que je ne les ai déterminés, ils ne feroient pas encore à beaucoup près une assez grande partie de leur sphère pour ne pas réunir les rayons avec exactitude.

Mais ce qui ne me paroît pas douteux, c'est qu'une lunette construite de cette façon seroit très utile pour observer le soleil; car, en la supposant même longue de cent pieds, la

lumière de cet astre ne seroit encore que trop forte après avoir traversé cette épaisseur d'eau, et on observeroit à loisir et aisément la surface de cet astre immédiatement, sans qu'il fût nécessaire de se servir de verres enfumés, ou d'en recevoir l'image sur un carton, avantage qu'aucune autre espèce de lunette ne peut avoir.

Il y auroit seulement quelque petite différence dans la construction de cette lunette solaire, si l'on veut qu'elle nous présente la face entière du soleil, car, en la supposant longue de cent pieds, il faudra, dans ce cas, que le verre oculaire ait au moins dix pouces de diamètre, parce que le soleil occupant plus d'un demi-degré céleste, l'image formée par l'objectif à son foyer à cent pieds aura au moins cette longueur de dix pouces, et que, pour la réunir tout entière, il faudra un oculaire de cette longueur, auquel on ne donneroit que vingt pouces de foyer pour le rendre aussi fort qu'il se pourroit. Il faudroit aussi que l'objectif, ainsi que l'oculaire, eût dix pouces de diamètre, afin que l'image de l'astre et l'image de l'ouverture de la lunette se trouvassent d'égale grandeur au foyer.

Quand même cette lunette que je propose ne serviroit qu'à observer exactement le soleil, ce seroit déjà beaucoup : il seroit, par exemple, fort curieux de pouvoir reconnoître s'il y a dans cet astre des parties plus ou moins lumineuses que d'autres ; s'il y a sur sa surface des inégalités, et de quelle espèce elles seroient ; si les taches flottent sur sa surface [1], ou si elles y sont toutes constamment attachées, etc. La vivacité de sa lumière nous empêche de l'observer à l'œil simple, et la diffé-

[1] M. de Lalande m'a fait sur ceci la remarque qui suit : « Il est constant, dit-il, qu'il n'y a sur le soleil que des taches qui changent de forme et disparoissent entièrement, mais qui ne changent point de place, si ce n'est par la rotation du soleil ; sa surface est très unie et homogène. » Ce savant astronome pouvoit même ajouter que ce n'est que par le moyen de ces taches, toujours supposées fixes, qu'on a déterminé le temps de la révolution du soleil sur son axe : mais ce point d'astronomie physique ne me paroît pas encore absolument démontré ; car ces taches, qui toutes changent de figures, pourroient bien aussi quelquefois changer de lieu.

rente réfrangibilité de ses rayons rend son image confuse lorsqu'on la reçoit au foyer d'un objectif sur un carton; aussi la surface du soleil nous est-elle moins connue que celle des autres planètes. Cette différente réfrangibilité des rayons ne seroit pas, à beaucoup près, entièrement corrigée dans cette longue lunette remplie d'eau : mais si cette liqueur pouvoit, par l'addition des sels, être rendue aussi dense que le verre, ce seroit alors la même chose que s'il n'y avoit qu'un seul verre à traverser, et il me semble qu'il y auroit plus d'avantage à se servir de ces lunettes remplies d'eau que de lunettes ordinaires avec des verres enfumés.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il faut, pour observer le soleil, une lunette bien différente de celles dont on doit se servir pour les autres astres; et il est encore très certain qu'il faut, pour chaque planète, une lunette particulière et proportionnée à leur intensité de lumière, c'est-à-dire à la quantité réelle de lumière dont elles nous paroissent éclairées. Dans toutes les lunettes, il faudroit l'objectif aussi grand et l'oculaire aussi fort qu'il est possible, et en même temps proportionner la distance du foyer à l'intensité de la lumière de chaque planète. Par exemple, Vénus et Saturne sont deux planètes dont la lumière est fort différente; lorsqu'on les observe avec la même lunette; on augmente également l'angle sous lequel on les voit: dès-lors la lumière totale de la planète paroît s'étendre sur toute sa surface d'autant plus qu'on la grossit davantage; ainsi, à mesure qu'on agrandit son image, on la rend sombre, à peu près dans la proportion du carré de son diamètre : Saturne ne peut donc, sans devenir obscur, être observé avec une lunette aussi forte que Vénus. Si l'intensité de lumière de celle-ci permet de la grossir cent ou deux cents fois avant de devenir sombre, l'autre ne souffrira peut-être pas la moitié ou le tiers de cette augmentation sans devenir tout-à-fait obscur. Il s'agit donc de faire une lunette pour chaque planète, proportionnée à leur intensité de lumière; et, pour le faire avec plus d'avantage, il me semble qu'il n'y faut employer qu'un objectif d'autant plus grand, et d'un foyer

d'autant moins long, que la planète a moins de lumière. Pourquoi jusqu'à ce jour n'a-t-on pas fait des objectifs de deux ou trois pieds de diamètre? L'aberration des rayons, causée par la sphéricité des verres, en est la seule cause; elle produit une confusion qui est comme le carré du diamètre de l'ouverture; et c'est par cette raison que les verres sphériques, qui sont très bons avec une petite ouverture, ne valent plus rien quand on l'augmente: on a plus de lumière, mais moins de distinction et de netteté. Néanmoins les verres sphériques larges sont très bons pour faire des lunettes de nuit; les Anglois ont construit des lunettes de cette espèce, et ils s'en servent avec grand avantage pour voir de fort loin les vaisseaux dans une nuit obscure. Mais maintenant que l'on sait corriger en grande partie les effets de la différente réfrangibilité des rayons, il me semble qu'il faudroit s'attacher à faire des verres elliptiques ou hyperboliques, qui ne produiroient pas cette aberration causée par la sphéricité, et qui par conséquent pourroient être trois ou quatre fois plus larges que les verres sphériques. Il n'y a que ce moyen d'augmenter à nos yeux la quantité de lumière que nous envoient les planètes; car nous ne pouvons pas porter sur les planètes une lumière additionnelle, comme nous le faisons sur les objets que nous observons au microscope; mais il faut au moins employer le plus avantageusement qu'il est possible la quantité de lumière dont elles sont éclairées, en la recevant sur une surface aussi grande qu'il se pourra. Cette lunette hyperbolique, qui ne seroit composée que d'un seul grand verre objectif et d'un oculaire proportionné, exigeroit une matière de la plus grande transparence; on réuniroit, par ce moyen, tous les avantages possibles, c'est-à-dire ceux des lunettes achromatiques à celui des lunettes elliptiques ou hyperboliques, et l'on mettroit à profit toute la quantité de lumière que chaque planète réfléchit à nos yeux. Je puis me tromper; mais ce que je propose me paroît assez fondé pour en recommander l'exécution aux personnes zélées pour l'avancement des sciences.

Me laissant aller à ces espèces de rêveries, dont quelques-

unes néanmoins se réaliseront un jour, et que je ne publie que dans cette espérance, j'ai songé au miroir du port d'Alexandrie, dont quelques auteurs anciens ont parlé, et par le moyen duquel on voyoit de très loin les vaisseaux en pleine mer. Le passage le plus positif qui me soit tombé sous les yeux est celui que je vais rapporter : « Alexandriæ... in pharo verò erat speculum è ferro *sinico*, per quod à longè videbantur naves « Græcorum advenientes; sed paulò postquàm islamismus invaluit, scilicet tempore califatûs Validi, filii Abdulmelec, « Christiani, fraude adhibitâ, illud deleverunt[1]. »

J'ai pensé, 1° que ce miroir par lequel on voyoit de loin les vaisseaux arriver n'étoit pas impossible; 2° que même, sans miroir ni lunette, on pourroit, par de certaines dispositions, obtenir le même effet, et voir depuis le port les vaisseaux peut-être d'aussi loin que la courbure de la terre le permet. Nous avons dit que les personnes qui ont bonne vue aperçoivent les objets éclairés par le soleil, à plus de trois mille quatre cents fois leur diamètre, et en même temps nous avons remarqué que la lumière intermédiaire nuisoit si fort à celle des objets éloignés, qu'on aperçoit la nuit un objet lumineux de dix, vingt, et peut-être cent fois plus de distance qu'on ne le voit pendant le jour. Nous savons que, du fond d'un puits très profond, l'on voit des étoiles en plein jour[2] : pourquoi donc ne verroit-on pas de même les vaisseaux éclairés des rayons du soleil, en se mettant au fond d'une longue galerie fort obscure, et située sur le bord de la mer, de manière qu'elle ne recevroit aucune lumière que celle de la mer lointaine et des vaisseaux qui pourroient s'y trouver? Cette galerie n'est qu'un puits horizontal, qui feroit le même effet pour la vue des vaisseaux que le puits vertical pour la vue des étoiles; et cela me paroît si simple, que je suis étonné qu'on n'y ait pas songé. Il me semble qu'en prenant, pour faire l'observation, les heures du jour où le soleil seroit derrière la galerie, c'est-à-dire le temps

[1] Abulfeda, etc., *Descriptio Ægypti.*

[2] Aristote est, je crois, le premier qui ait fait mention de cette observation, et j'en ai cité le passage à l'article *du Sens de la vue.*

où les vaisseaux seroient bien éclairés, on les verroit du fond de cette galerie obscure dix fois au moins mieux qu'on ne peut les voir en pleine lumière. Or, comme nous l'avons dit, on distingue aisément un homme ou un cheval à une lieue de distance, lorsqu'ils sont éclairés des rayons du soleil; et en supprimant la lumière intermédiaire qui nous environne et offusque nos yeux, nous les verrions au moins dix fois plus loin, c'est-à-dire à dix lieues : donc on verroit les vaisseaux, qui sont beaucoup plus gros, d'aussi loin que la courbure de la terre le permettroit[1], sans autre instrument que nos yeux.

Mais un miroir concave d'un assez grand diamètre et d'un foyer quelconque, placé au fond d'un long tuyau noirci, feroit pendant le jour à peu près le même effet que nos grands objectifs de même diamètre et de même foyer feroient pendant la nuit; et c'étoit probablement un de ces miroirs concaves d'acier poli (*è ferro sinico*) qu'on avoit établi au port d'Alexandrie[2] pour voir de loin arriver les vaisseaux grecs. Au reste, si ce miroir d'acier ou de fer poli a réellement existé, comme il y a toute apparence, on ne peut refuser aux anciens la gloire de la première invention des télescopes; car ce miroir de métal poli ne pouvoit avoir d'effet qu'autant que la lumière réfléchie par sa surface étoit recueillie par un autre miroir concave placé à son foyer; et c'est en cela que consiste l'essence du télescope et la facilité de sa construction. Néanmoins cela n'ôte rien à la gloire du grand Newton, qui le premier a ressuscité cette invention, entièrement oubliée : il paroît même que ce sont ses belles découvertes sur la réfrangibilité

[1] La courbure de la terre pour un degré, ou vingt-cinq lieues de 2283 toises, est de 2988 pieds; elle croît comme le carré des distances : ainsi, pour cinq lieues, elle est vingt-cinq fois moindre, c'est-à-dire d'environ cent vingt pieds. Un vaisseau qui a plus de cent vingt pieds de mâture peut donc être vu de cinq lieues, étant même au niveau de la mer; mais si l'on s'élevoit de cent vingt pieds au-dessus du niveau de la mer, on verroit de cinq lieues le corps entier du vaisseau jusqu'à la ligne de l'eau; et, en s'élevant encore davantage, on pourroit apercevoir le haut des mâts de plus de dix lieues.

[2] De temps immémorial, les Chinois, et surtout les Japonois, savent travailler et polir l'acier en grand et petit volume; et c'est ce qui m'a fait penser qu'on doit interpréter *è ferro sinico* par *acier poli*.

des rayons de la lumière qui l'ont conduit à celle du télescope. Comme les rayons de la lumière sont, par leur nature, différemment réfrangibles, il étoit fondé à croire qu'il n'y avoit nul moyen de corriger cet effet; ou, s'il a entrevu ces moyens, il les a jugés si difficiles, qu'il a mieux aimé tourner ses vues d'un autre côté, et produire par le moyen de la réflexion des rayons les grands effets qu'il ne pouvoit obtenir par leur réfraction. Il a donc fait construire son télescope, dont l'effet est réellement bien supérieur à celui des lunettes ordinaires; mais les lunettes achromatiques, inventées de nos jours, sont aussi supérieures au télescope qu'il l'est aux lunettes ordinaires. Le meilleur télescope est toujours sombre en comparaison de la lunette achromatique, et cette obscurité dans les télescopes ne vient pas seulement du défaut de poli ou de la couleur du métal des miroirs, mais de la nature même de la lumière, dont les rayons, différemment réfrangibles, sont aussi différemment réflexibles, quoiqu'en degrés beaucoup moins égaux. Il reste donc, pour perfectionner les télescopes autant qu'ils peuvent l'être, à trouver le moyen de compenser cette différente réflexibilité, comme l'on a trouvé celui de compenser la différente réfrangibilité.

Après tout ce qui vient d'être dit, je crois qu'on sentira bien que l'on peut faire faire une très bonne lunette de jour sans employer ni verres ni miroirs, et simplement en supprimant la lumière environnante, au moyen d'un tuyau de cent cinquante ou deux cents pieds de long, et en se plaçant dans un lieu obscur où aboutiroit l'une des extrémités de ce tuyau. Plus la lumière du jour seroit vive, plus seroit grand l'effet de cette lunette si simple et si facile à exécuter. Je suis persuadé qu'on verroit distinctement à quinze et peut-être à vingt lieues les bâtiments et les arbres sur le haut des montagnes. La seule différence qu'il y ait entre ce long tuyau et la galerie obscure que j'ai proposée, c'est que le *champ*, c'est-à-dire l'espace vu, seroit bien plus petit, et précisément dans la raison du carré de l'ouverture du tuyau à celle de la galerie.

ARTICLE TROISIÈME.

Invention d'autres miroirs pour brûler à de moindres distances.

I. *Miroirs d'une seule pièce à foyer mobile.*

J'ai remarqué que le verre fait ressort et peut plier jusqu'à un certain point; et comme, pour brûler à des distances un peu grandes, il ne faut qu'une légère courbure, et que toute courbure régulière y est à peu près également convenable, j'ai imaginé de prendre des glaces de miroir ordinaire, d'un pied et demi, de deux pieds, et trois pieds de diamètre, de les faire arrondir, et de les soutenir sur un cercle de fer bien égal et bien tourné, après avoir fait dans le centre de la glace un trou de deux ou trois lignes de diamètre pour y passer une vis[1] dont les pas sont très fins, et qui entre dans un petit écrou posé de l'autre côté de la glace. En serrant cette vis, j'ai courbé assez les glaces de trois pieds, pour brûler depuis cinquante pieds jusqu'à trente, et les glaces de dix-huit pouces ont brûlé à vingt-cinq pieds; mais ayant répété plusieurs fois ces expériences, j'ai cassé les glaces de trois pieds et de deux pieds, et il ne m'en reste qu'une de dix-huit pouces, que j'ai gardé pour modèle de ce miroir[2].

Ce qui fait casser ces glaces si aisément, c'est le trou qui est au milieu; elles se courberaient beaucoup plus sans rompre s'il n'y avoit point de solution de continuité, et qu'on pût les presser également sur toute la surface. Cela m'a conduit à imaginer de les faire courber par le poids même de l'atmosphère; et pour cela il ne faut que mettre une glace circulaire sur une espèce de tambour de fer ou de cuivre, et ajouter à ce tambour une pompe pour en tirer de l'air : on fera de cette manière

[1] Voyez les planches I, fig. 8 et 10; et pl. 2, fig. 1.

[2] Ces glaces de trois pieds ont mis le feu à des matières légères jusqu'à cinquante pieds de distance, et alors elles n'avoient plié que d'une ligne $^{3}/_{8}$: pour brûler à quarante pieds, il falloit les faire plier de deux lignes; pour brûler à trente pieds, de deux lignes $^{3}/_{4}$; et c'est en voulant les faire brûler à vingt pieds qu'elles se sont cassées.

courber la glace plus ou moins, et par conséquent elle brûlera à de plus et moins grandes distances.

Il y auroit encore un autre moyen : ce seroit d'ôter l'étamage dans le centre de la glace, de la largeur de neuf ou dix lignes, façonner avec une molette cette partie du centre en portion de sphère, comme un verre convexe d'un pouce de foyer, mettre dans le tambour une petite mèche soufrée; il arriveroit que quand on présenteroit ce miroir au soleil, les rayons transmis à travers cette partie du centre de la glace et réunis au foyer d'un pouce allumeroient la mèche soufrée dans le tambour; cette mèche, en brûlant, absorberoit de l'air, et par conséquent le poids de l'atmosphère feroit plier la glace plus ou moins, selon que la mèche soufrée brûleroit plus ou moins de temps. Ce miroir seroit fort singulier, parce qu'il se courberoit de lui-même à l'aspect du soleil, sans qu'il fût nécessaire d'y toucher; mais l'usage n'en seroit pas facile, et c'est pour cette raison que je ne l'ai pas fait exécuter, la seconde manière étant préférable à tous égards.

Ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile peuvent servir à mesurer, plus exactement que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. Nous avons vu que les grands foyers font toujours proportionnellement plus d'effet que les petits, quoique l'intensité de chaleur soit égale dans les uns et les autres : on auroit ici, en contractant successivement les foyers, toujours une égale quantité de lumière ou de chaleur, mais dans des espaces successivement plus petits; et au moyen de cette quantité constante, on pourroit déterminer, par l'expérience, le *minimum* de l'espace du foyer, c'est-à-dire l'étendue nécessaire pour qu'avec la même quantité de lumière on eût le plus grand effet : cela nous conduiroit en même temps à une estimation plus précise de la déperdition de la chaleur dans les autres substances, sous un même volume ou dans une égale étendue.

A cet usage près, il m'a paru que ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile étoient plus curieux qu'utiles : celui qui

agit seul et se courbe à l'aspect du soleil, est assez ingénieusement conçu pour avoir place dans un cabinet de physique.

II. ***Miroirs d'une seule pièce pour brûler très vivement à des distances médiocres et à de petites distances.***

J'ai cherché les moyens de courber régulièrement de grandes glaces; et, après avoir fait construire deux fourneaux différents qui n'ont pas réussi, je suis parvenu à en faire un troisième[1], dans lequel j'ai courbé très régulièrement des glaces circulaires de trois, quatre et quatre pieds et demi de diamètre; j'en ai même fait courber deux de cinquante-six pouces: mais quelque précaution qu'on ait prise pour laisser refroidir lentement ces grandes glaces de cinquante-six et cinquante-quatre pouces de diamètre, et pour les manier doucement, elles se sont cassées en les appliquant sur les moules sphériques que j'avois fait construire pour leur donner la forme régulière et le poli nécessaire; la même chose est arrivée à trois autres glaces de quarante-huit et cinquante pouces de diamètre, et je n'en ai conservé qu'une seule de quarante-six pouces et deux de trente-sept pouces. Les gens qui connoissent les arts n'en seront pas surpris: ils savent que les grandes pièces de verre exigent des précautions infinies pour ne pas se fêler au sortir du fourneau où on les laisse recuire et refroidir: ils savent que plus elles sont minces, et plus elles sont sujettes à se fendre, non-seulement par le premier coup de l'air, mais encore par ses impressions ultérieures. J'ai vu plusieurs de mes glaces courbées se fendre toutes seules au bout de trois, quatre et cinq mois, quoiqu'elles eussent résisté aux premières impressions de l'air, et qu'on les eût placées sur des moules de plâtre bien séché, sur lesquels la surface concave de ces glaces portoit également partout; mais ce qui m'en a fait perdre un grand nombre, c'est le travail qu'il falloit faire pour leur donner une forme régulière. Ces glaces, que j'ai achetées toutes polies à la manufacture du faubourg Saint-Antoine, quoique choisies parmi les plus épaisses, n'avoient que cinq lignes d'épaisseur:

[1] Voyez la planche I, fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

en les courbant, le feu leur faisoit perdre en partie leur poli. Leur épaisseur d'ailleurs n'étoit pas bien égale partout, et néanmoins il étoit nécessaire, pour l'objet auquel je les destinois, de rendre les deux surfaces concave et convexe parfaitement concentriques, et par conséquent de les travailler avec des molettes convexes dans des moules creux, et des molettes concaves sur des moules convexes. De vingt-quatre glaces que j'avois courbées et dont j'en avois livré quinze à feu M. Passemant pour les faire travailler par ses ouvriers, je n'en ai conservé que trois; toutes les autres, dont les moindres avoient au moins trois pieds de diamètre, se sont cassées, soit avant d'être travaillées, soit après. De ces trois glaces que j'ai sauvées, l'une a quarante-six pouces de diamètre, et les deux autres trente-sept pouces; elles étoient bien travaillées, leurs surfaces bien concentriques, et par conséquent l'épaisseur bien égale : il ne s'agissoit plus que de les étamer sur leur surface convexe, et je fis pour cela plusieurs essais et un assez grand nombre d'expériences qui ne me réussirent point. M. de Bernières, beaucoup plus habile que moi dans cet art de l'étamage, vint à mon secours, et me rendit en effet deux de mes glaces étamées; j'eus l'honneur d'en présenter au roi la plus grande, c'est-à-dire celle de quarante-six pouces, et de faire devant sa majesté les expériences de la force de ce miroir ardent qui fond aisément tous les métaux; on l'a déposé au château de la Muette, dans un cabinet qui est sous la direction du P. Noël : c'est certainement le plus fort miroir ardent qu'il y ait en Europe[1]. J'ai déposé au Jardin du Roi, dans le cabinet d'histoire naturelle, la glace de trente-sept pouces de diamètre, dont le foyer est beaucoup plus court que celui du miroir de quarante-six pouces. Je n'ai pas encore eu le temps d'essayer la force de ce second miroir, que je crois aussi très bon. Je fis aussi, dans le temps, quelques expériences au château de la Muette, sur la lumière de la lune reçue par le miroir de qua-

[1] On m'a dit que l'étamage de ce miroir, qui a été fait il y a plus de vingt ans, s'étoit gâté; il faudroit le remettre entre les mains de M. de Bernières, qui seul a le secret de cet étamage, pour le bien réparer.

rante-six pouces, et réfléchie sur un thermomètre très sensible : je crus d'abord m'apercevoir de quelque mouvement; mais cet effet ne se soutint pas, et depuis je n'ai pas eu occasion de répéter l'expérience. Je ne sais même si l'on obtiendroit un degré de chaleur sensible en réunissant les foyers de plusieurs miroirs, et les faisant tomber ensemble sur un thermomètre aplati et noirci; car il se peut que la lune nous envoie du froid plutôt que du chaud, comme nous l'expliquerons ailleurs. Du reste, ces miroirs sont supérieurs à tous les miroirs de réflexion dont on avoit connoissance : ils servent aussi à voir en grand les petits tableaux, et à en distinguer toutes les beautés et tous les défauts; et si l'on en fait étamer de pareils dans leur concavité, ce qui seroit bien plus aisé que sur la convexité, ils serviroient à voir les plafonds et autres peintures qui sont trop grandes et trop perpendiculaires sur la tête pour pouvoir être regardées aisément.

Mais ces miroirs ont l'inconvénient commun à tous les miroirs de ce genre, qui est de brûler en haut; ce qui fait qu'on ne peut travailler de suite à leur foyer, et qu'ils deviennent presque inutiles pour toutes les expériences qui demandent une longue action du feu et des opérations suivies. Néanmoins, en recevant d'abord les rayons du soleil sur une glace plane de quatre pieds et demi de hauteur et d'autant de largeur, qui les réfléchit contre ces miroirs concaves, ils sont assez puissants pour que cette perte, qui est de la moitié de la chaleur, ne les empêche pas de brûler très vivement à leur foyer, qui par ce moyen se trouve en bas comme celui des miroirs de réfraction, et auquel par conséquent on pourroit travailler de suite et avec une égale facilité : seulement il seroit nécessaire que la glace plane et le miroir concave fussent tous deux montés parallèlement sur un même support, où ils pourroient recevoir également les mêmes mouvements de direction et d'inclinaison, soit horizontalement, soit verticalement. L'effet que le miroir de quarante-six pouces de diamètre feroit en bas, n'étant que de moitié de celui qu'il produit en haut, c'est comme si la surface de ce miroir étoit réduite de moitié, c'est-à-dire comme s'il

n'avoit qu'un peu plus de trente-deux pouces de diamètre au lieu de quarante-six; et cette dimension de trente-deux pouces de diamètre pour un foyer de six pieds ne laisse pas de donner une chaleur plus grande que celle des lentilles de Tschirnaüs ou du sieur Segard, dont je me suis autrefois servi, et qui sont les meilleures que l'on connoisse.

Enfin, par la réunion de ces deux miroirs, on auroit aux rayons du soleil une chaleur immense à leur foyer commun, surtout en le recevant en haut, qui ne seroit diminuée que de moitié en le recevant en bas, et qui par conséquent seroit beaucoup plus grande qu'aucune autre chaleur connue, et pourroit produire des effets dont nous n'avons aucune idée.

III. *Lentilles ou miroirs à l'eau.*

Au moyen des glaces courbées et travaillées régulièrement dans leur concavité et sur leur convexité, on peut faire un miroir réfringent, en joignant par opposition deux de ces glaces, et en remplissant d'eau tout l'espace qu'elles contiennent.

Dans cette vue, j'ai fait courber deux glaces de trente-sept pouces de diamètre, et les ai fait user de huit à neuf lignes sur les bords pour les bien joindre. Par ce moyen, l'on n'aura pas besoin de mastic pour empêcher l'eau de fuir.

Au zénith du miroir, il faut pratiquer un petit goulot [1], par lequel on en remplira la capacité avec un entonnoir; et comme les vapeurs de l'eau échauffée par le soleil pourroient faire casser les glaces, on laissera ce goulot ouvert pour laisser échapper les vapeurs; et, afin de tenir le miroir toujours absolument plein d'eau, on ajustera dans ce goulot une petite bouteille pleine d'eau, et cette bouteille finira elle-même en haut par un goulot étroit, afin que, dans les différentes inclinaisons du miroir, l'eau qu'elle contiendra ne puisse pas se répandre en trop grande quantité.

Cette lentille, composée de deux glaces de trente-sept pouces, chacune de deux pieds et demi de foyer, brûleroit à cinq pieds, si elle étoit de verre : mais l'eau ayant une moindre réfraction

[1] Voyez la planche II, fig. 8.

que le verre, le foyer sera plus éloigné ; il ne laissera pas néanmoins de brûler vivement : j'ai supputé qu'à la distance de cinq pieds et demi cette lentille à l'eau produiroit au moins deux fois autant de chaleur que la lentille du Palais-Royal, qui est de verre solide, et dont le foyer est à douze pieds.

J'avois conservé une assez forte épaisseur aux glaces, afin que le poids de l'eau qu'elles devoient renfermer ne pût en altérer la courbure : on pourroit essayer de rendre l'eau plus réfringente en y faisant fondre des sels ; comme l'eau peut successivement fondre plusieurs sels, et s'en charger en plus grande quantité qu'elle ne se chargeroit d'un seul sel, il faudroit en fondre de plusieurs espèces, et on rendroit par ce moyen la réfraction de l'eau plus approchante de celle du verre.

Tel étoit mon projet : mais après avoir travaillé et ajusté ces glaces de trente-sept pouces, celle du dessous s'est cassée dès la première expérience ; et comme il ne m'en restoit qu'une, j'en ai fait le miroir concave de trente-sept pouces dont j'ai parlé dans l'article précédent.

Ces loupes composées de deux glaces sphériquement courbées et remplies d'eau brûleront en bas, et produiront de plus grands effets que les loupes de verre massif, parce que l'eau laisse passer plus aisément la lumière que le verre le plus transparent ; mais l'exécution ne laisse pas d'en être difficile, et demande des attentions infinies. L'expérience m'a fait connoître qu'il falloit des glaces épaisses de neuf ou huit lignes au moins, c'est-à-dire des glaces faites exprès : car on n'en coule point aux manufactures d'aussi épaisses, à beaucoup près ; toutes celles qui sont dans le commerce n'ont qu'environ la moitié de cette épaisseur. Il faut ensuite courber ces glaces dans un fourneau pareil à celui dont j'ai donné la figure *planche* Ire *et suivantes ;* avoir attention de bien sécher le fourneau, de ne pas presser le feu, et d'employer au moins trente heures à l'opération. La glace se ramollira et pliera sous le poids sans se dissoudre, et s'affaissera sur le moule concave qui lui donnera sa forme. On la laissera recuire et refroidir par degrés dans ce fourneau, qu'on aura soin de boucher au moment qu'on aura vu la glace bien

affaissée partout également. Deux jours après, lorsque le fourneau aura perdu toute sa chaleur, on en tirera la glace, qui ne sera que légèrement dépolie; on examinera, avec un grand compas courbe, si son épaisseur est à peu près égale partout; et si cela n'étoit pas, et qu'il y eût dans de certaines parties de la glace une inégalité sensible, on commencera par l'atténuer avec une molette de même sphère que la courbure de la glace. On continuera de travailler de même les deux surfaces concave et convexe, qu'il faut rendre parfaitement concentriques, en sorte que la glace ait partout exactement la même épaisseur; et pour parvenir à cette précision, qui est absolument nécessaire, il faudra faire courber de plus petites glaces de deux ou trois pieds de diamètre, en observant de faire ces petits moules sur un rayon de quatre ou cinq lignes plus long que ceux du foyer de la grande glace. Par ce moyen, on aura des glaces courbes dont on se servira, au lieu de molettes, pour travailler les deux surfaces concave et convexe, ce qui avancera beaucoup le travail: car ces petites glaces, en frottant contre la grande, l'useront, et s'useront également; et comme leur courbure est plus forte de quatre lignes, c'est-à-dire de moitié de l'épaisseur de la grande glace, le travail de ces petites glaces, tant au dedans qu'au dehors, rendra concentriques les deux surfaces de la grande glace aussi précisément qu'il a été possible. C'est là le point le plus difficile; et j'ai souvent vu que, pour l'obtenir, on étoit obligé d'user la glace de plus d'une ligne et demie sur chaque surface, ce qui la rendoit trop mince, et dès lors inutile, du moins pour notre objet. Ma glace de trente-sept pouces que le poids de l'eau, joint à la chaleur du soleil, a fait casser, avoit néanmoins, toute travaillée, plus de trois lignes et demie d'épaisseur; et c'est pour cela que je recommande de les tenir encore plus épaisses.

J'ai observé que ces glaces courbées sont plus cassantes que les glaces ordinaires; la seconde fusion ou demi-fusion que le verre éprouve pour se courber est peut-être la cause de cet effet, d'autant que, pour prendre la forme sphérique, il est nécessaire qu'il s'étende inégalement dans chacune de ses par-

ties, et que leur adhérence entre elles change dans des proportions inégales, et même différentes pour chaque point de la courbe, relativement au plan horizontal de la glace, qui s'abaisse successivement pour prendre la courbe sphérique.

En général, le verre a du ressort, et peut plier sans se casser, d'environ un pouce par pied, surtout quand il est mince; je l'ai même éprouvé sur des glaces de deux et trois lignes d'épaisseur et de cinq pieds de hauteur : on peut les faire plier de plus de quatre pouces sans les rompre, surtout en ne les comprimant qu'en un sens; mais si on les courbe en deux sens à la fois, comme pour produire une surface sphérique, elles cassent au moins d'un demi-pouce par pied sous cette double flexion. La glace inférieure de ces lentilles à l'eau obéissant donc à la pression causée par le poids de l'eau, elle cassera ou prendra une plus forte courbure, à moins qu'elle ne soit fort épaisse, ou qu'elle ne soit soutenue par une croix de fer; ce qui fait ombre au foyer, et rend désagréable l'aspect de ce miroir. D'ailleurs le foyer de ces lentilles à l'eau n'est jamais franc, ni bien terminé, ni réduit à sa plus petite étendue; les différentes réfractions que souffre la lumière en passant du verre dans l'eau et de l'eau dans le verre, causent une aberration des rayons beaucoup plus grande qu'elle ne l'est par une réfraction simple dans les loupes de verre massif. Tous ces inconvénients m'ont fait tourner mes vues sur les moyens de perfectionner les lentilles de verre, et je crois avoir enfin trouvé tout ce qu'on peut faire de mieux en ce genre, comme je l'expliquerai dans les paragraphes suivants.

Avant de quitter les lentilles à l'eau, je crois devoir encore proposer un moyen de construction nouvelle qui seroit sujette à moins d'inconvénients, et dont l'exécution seroit assez facile. Au lieu de courber, travailler et polir de grandes glaces de quatre ou cinq pieds de diamètre, il ne faudroit que de petits morceaux carrés de deux pouces, qui ne coûteroient presque rien, et les placer dans un châssis de fer traversé de verges minces de ce même métal, et ajustées comme les vitres en

plomb. Ce châssis et ces verges de fer, auxquelles on donneroit la courbure sphérique et quatre pieds de diamètre; contiendroient chacun trois cent quarante-six de ces petits morceaux de deux pouces; et en laissant quarante-six pour l'équivalent de l'espace que prendroient les verges de fer, il y auroit toujours trois cents disques du soleil qui coïncideroient au même foyer, que je suppose à dix pieds; chaque morceau laisseroit passer un disque de deux pouces de diamètre, auquel, ajoutant la lumière des parties du carré circonscrit à ce cercle de deux pouces de diamè re, le foyer n'auroit à dix pieds que deux pouces et demi ou deux pouces trois quarts, si la monture de ces petites glaces étoit régulièrement exécutée. Or, en diminuant la perte que souffre la lumière en passant à travers l'eau et les doubles verres qui la contiennent, et qui seroit ici à peu près de moitié, on auroit encore au foyer de ce miroir, tout composé de facettes planes, une chaleur cent cinquante fois plus grande que celle du soleil. Cette construction ne seroit pas chère, et je n'y vois d'autre inconvénient que la fuite de l'eau qui pourroit percer les joints des verges de fer qui contiendroient les petits trapèzes de verre. Il faudroit prévenir cet inconvénient en pratiquant de petites rainures de chaque côté dans ces verges, et enduire ces ramures de mastic ordinaire des vitriers, qui est impénétrable à l'eau.

IV. *Lentilles de verre solide.*

J'ai vu deux de ces lentilles, celle du Palais-Royal, et celle du Sieur Segard; toutes deux ont été tirées d'une masse de verre d'Allemagne, qui est beaucoup plus transparent que le verre de nos glaces de miroir: mais personne ne sait en France fondre le verre en larges masses épaisses, et la composition d'un verre transparent comme celui de Bohème, n'est connue que depuis peu d'années.

J'ai d'abord cherché les moyens de fondre le verre en masses épaisses, et j'ai fait en même temps différents essais pour avoir une matière bien transparente. M. de Romilly qui, dans

ce temps, étoit l'un des directeurs de la manufacture de Saint-Gobin, m'ayant aidé de ses conseils, nous fondîmes deux masses de verre d'environ sept pouces de diamètre sur cinq à six pouces d'épaisseur, dans des creusets à un fourneau où l'on cuisoit de la faïence au faubourg Saint-Antoine. Après avoir fait user et polir les deux surfaces de ces morceaux de verre pour les rendre parallèles, je trouvai qu'il n'y en avoit qu'un des deux qui fût parfaitement net. Je livrai le second morceau, qui étoit le moins parfait, à des ouvriers qui ne laissèrent pas que d'en tirer d'assez bons prismes de toute grosseur, et j'ai gardé pendant plusieurs années le premier morceau, qui avoit quatre pouces et demi d'épaisseur, et dont la transparence étoit telle, qu'en posant ce verre de quatre pouces et demi d'épaisseur sur un livre, on pouvoit lire à travers, très aisément, les caractères les plus petits et les écritures de l'encre la plus blanche. Je comparai le degré de transparence de cette matière avec celle des glaces de Saint-Gobin, prises et réduites à différentes épaisseurs; un morceau de la matière de ces glaces, de deux pouces et demi d'épaisseur sur environ un pied de longueur et de largeur, que M. de Romilly me procura, étoit vert comme du marbre vert, et l'on ne pouvoit lire à travers : il fallut le diminuer de plus d'un pouce pour commencer à distinguer les caractères à travers son épaisseur, et enfin le réduire à deux lignes et demie d'épaisseur pour que sa transparence fût égale à celle de mon morceau de quatre pouces et demi d'épaisseur; car on voyoit aussi clairement les caractères du livre à travers ces quatre pouces et demi, qu'à travers la glace qui n'avoit que deux lignes et demie. Voici la composition de ce verre, dont la transparence est si grande :

Sable blanc cristallin, *une livre.*
Minium ou chaux de plomb, *une livre.*
Potasse, *une demi-livre.*
Salpêtre, *une demi-once.*

Le tout mêlé et mis au feu suivant l'art.

J'ai donné à M. Cassini de Thury ce morceau de verre, dont

on pouvoit espérer de faire d'excellents verres de lunette achromatique, tant à cause de sa très grande transparence que de sa force réfringente, qui étoit très considérable, vu la quantité de plomb qui étoit entrée dans sa composition; mais M. de Thury ayant confié ce beau morceau de verre à des ouvriers ignorants, ils l'ont gâté au feu, où ils l'ont remis mal à propos. Je me suis repenti de ne l'avoir pas fait travailler moi-même; car il ne s'agissoit que de le trancher en lames, et la matière en étoit encore moins transparente et plus nette que celle *flint-glass* d'Angleterre, et elle avoit plus de force de réfraction.

Avec six cents livres de cette même composition, je voulois faire une lentille de vingt-six ou vingt-sept pouces de diamètre, et de cinq pieds de foyer. J'espérois pouvoir le fondre dans mon fourneau, dont à cet effet j'avois fait changer la disposition intérieure; mais je reconnus bientôt que cela n'étoit possible que dans les plus grands fourneaux de verrerie. Il me falloit une masse de trois pouces d'épaisseur sur vingt-sept ou vingt-huit pouces de diamètre, ce qui fait environ un pied cube de verre. Je demandai la liberté de la faire couler à mes frais à la manufacture de Saint-Gobin; mais les administrateurs de cet établissement ne voulurent pas me le permettre, et la lentille n'a pas été faite. J'avois supputé que la chaleur de cette lentille de vingt-sept pouces seroit à celle de la lentille du Palais-Royal comme 19 sont à 6; ce qui est un très grand effet, attendu la petitesse du diamètre de cette lentille, qui auroit eu onze pouces de moins que celle du Palais-Royal.

Cette lentille, dont l'épaisseur au point du milieu ne laisse pas d'être considérable, est néanmoins ce qu'on peut faire de mieux pour brûler à cinq pieds: on pourroit même en augmenter le diamètre; car je suis persuadé qu'on pourroit fondre et couler également des pièces plus larges et plus épaisses dans les fourneaux où l'on fond les grandes glaces, soit à Saint-Gobin, soit à Rouelles en Bourgogne. J'observe seulement ici qu'on perdroit plus par l'augmentation de l'épaisseur

qu'on ne gagneroit par celle de la surface du miroir, et que c'est pour cela que, tout compensé, je m'étois borné à vingt-six ou vingt-sept pouces.

Newton a fait voir que quand les rayons de lumière tomboient sur le verre sous un angle de plus de quarante-sept ou quarante-huit degrés, ils sont réfléchis au lieu d'être réfractés. On ne peut donc pas donner à un miroir réfringent un diamètre plus grand que la corde d'un arc de quarante-sept ou de quarante-huit degrés de la sphère sur laquelle il a été travaillé. Ainsi, dans le cas présent, pour brûler à cinq pieds, la sphère ayant environ trente-deux pieds de circonférence, le miroir ne peut avoir qu'un peu plus de quatre pieds de diamètre : mais, dans ce cas, il auroit le double d'épaisseur de ma lentille de vingt-six pouces; et d'ailleurs les rayons trop obliques ne se réunissent jamais bien.

Ces loupes de verre solide sont, de tous les miroirs que je viens de proposer, les plus commodes, les plus solides, les moins sujets à se gâter, et même les plus puissants lorsqu'ils sont bien transparents, bien travaillés, et que leur diamètre est bien proportionné à la distance de leur foyer. Si l'on veut donc se procurer une loupe de cette espèce, il faut combiner ces différents objets, et ne lui donner, comme je l'ai dit, que vingt-sept pouces de diamètre pour brûler à cinq pieds, qui est une distance commode pour travailler de suite et fort à l'aise au foyer. Plus le verre sera transparent et pesant, plus seront grands les effets; la lumière passera en plus grande quantité en raison de la transparence, et sera d'autant moins dispersée, d'autant moins réfléchie, et par conséquent d'autant mieux saisie par le verre, et d'autant plus réfractée, qu'il sera plus massif, c'est-à-dire spécifiquement plus pesant. Ce sera donc un avantage que de faire entrer dans la composition de ce verre une grande quantité de plomb; et c'est par cette raison que j'en ai mis moitié, c'est-à-dire autant de minium que de sable. Mais, quelque transparent que soit le verre de ces lentilles, leur épaisseur dans le milieu est non-seulement un très grand obstacle à la transmission de la lumière, mais encore un

empêchement aux moyens qu'on pourroit trouver pour fondre des masses aussi épaisses et aussi grandes qu'il le faudroit : par exemple, pour une loupe de quatre pieds de diamètre, à laquelle on donneroit un foyer de cinq ou six pieds, qui est la distance la plus commode, et à laquelle la lumière, plongeant avec moins d'obliquité, aura plus de force qu'à de plus grandes distances, il faudroit fondre une masse de verre de quatre pieds sur six pouces et demi ou sept pouces d'épaisseur, parce qu'on est obligé de la travailler et de l'user même dans la partie la plus épaisse. Or il seroit très difficile de fondre et couler d'un seul jet ce gros volume, qui seroit, comme l'on voit, de cinq ou six pieds cubes; car les plus amples cuvettes des manufactures de glaces ne contiennent pas deux pieds cubes : les plus grandes glaces de soixante pouces sur cent vingt, en leur supposant cinq lignes d'épaisseur, ne font qu'un volume d'environ un pied cube trois quarts. L'on sera donc forcé de se réduire à ce moindre volume, et de n'employer en effet qu'un pied cube et demi, ou tout au plus un pied cube trois quarts de verre pour en former la loupe, et encore aura-t-on bien de la peine à obtenir des maîtres de ces manufactures de faire couler du verre à cette grande épaisseur, parce qu'ils craignent, avec quelque raison, que la chaleur trop grande de cette masse épaisse de verre ne fasse fondre ou boursoufler la table de cuivre sur laquelle on coule les glaces, lesquelles, n'ayant au plus que cinq lignes d'épaisseur [1], ne communiquent à la table qu'une chaleur très médiocre en comparaison de celle que lui feroit subir une masse de six pouces d'épaisseur.

[1] On a néanmoins coulé à Saint-Gobin, et à ma prière, des glaces de sept lignes, dont je me suis servi pour différentes expériences, il y a plus de vingt ans ; j'ai remis dernièrement une de ces glaces de trente-huit pouces en carré et de sept lignes d'épaisseur à M. de Bernières, qui a entrepris de faire des loupes à l'eau pour l'Académie des Sciences, et j'ai vu chez lui des glaces de dix lignes d'épaisseur, qui ont été coulées de même à Saint-Gobin : cela doit faire présumer qu'on pourroit, sans aucun risque pour la table, en couler d'encore plus épaisses.

V. *Lentilles à échelons pour brûler avec la plus grande vivacité possible.*

Je viens de dire que les fortes épaisseurs qu'on est obligé de donner aux lentilles lorsqu'elles ont un grand diamètre et un foyer court, nuisent beaucoup à leur effet : une lentille de six pouces d'épaisseur dans le milieu de la matière des glaces ordinaires ne brûle, pour ainsi dire, que par les bords. Avec du verre plus transparent, l'effet sera plus grand; mais la partie du milieu reste toujours en pure perte, la lumière ne pouvant en pénétrer et traverser la trop grande épaisseur. J'ai rapporté les expériences que j'ai faites sur la diminution de la lumière qui passe à travers différentes épaisseurs du même verre ; et l'on a vu que cette diminution est très considérable : j'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient, et j'ai trouvé une manière simple et assez aisée de diminuer réellement les épaisseurs des lentilles autant qu'il me plaît, sans pour cela diminuer sensiblement leur diamètre et sans allonger leur foyer.

Ce moyen consiste à travailler ma pièce de verre par échelons. Supposons, pour me faire mieux entendre, que je veuille diminuer de deux pouces l'épaisseur d'une lentille de verre qui a vingt-six pouces de diamètre, cinq pieds de foyer et trois pouces d'épaisseur au centre; je divise l'arc de cette lentille en trois parties, et je rapproche concentriquement chacune de ces portions d'arc, en sorte qu'il ne reste qu'un pouce d'épaisseur au centre, et je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correspondantes : par ce moyen, en faisant un second échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, et j'ai une lentille à échelon qui est à très peu près du même foyer, et qui a le même diamètre, et près de deux fois moins d'épaisseur que la première; ce qui est un très grand avantage.

Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de quatre pieds de diamètre sur deux pouces et demi d'épaisseur, et de la travailler par échelons sur un foyer de huit pieds, j'ai supputé qu'en laissant même un pouce et demi d'épaisseur au

Fig. 1.

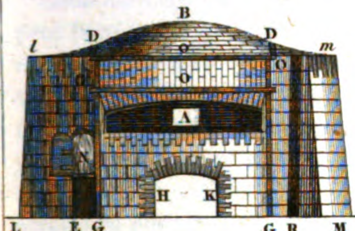


Fig. 2.

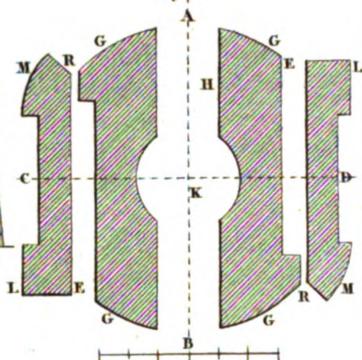


Fig. 3.

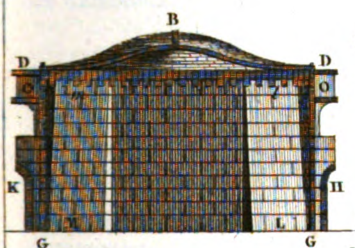


Fig. 4.

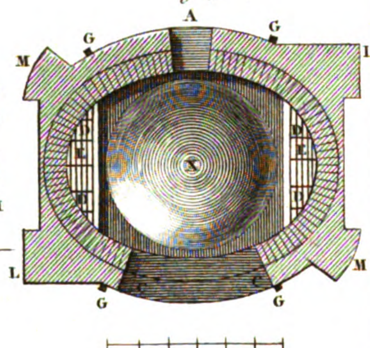


Fig. 5.

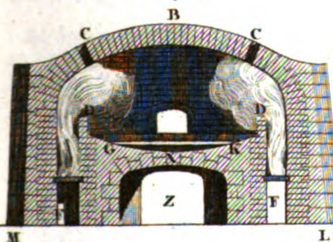
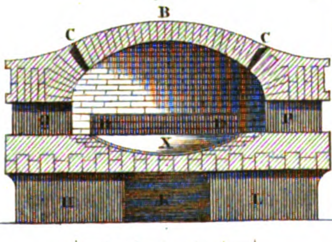


Fig. 6.



Echelles de 6 Pieds.

Couche fils dir.

centre de cette lentille et à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille sera à celle de la lentille du Palais-Royal comme 28 sont à 6, sans compter l'effet de la différence des épaisseurs, qui est très considérable, et que je ne puis estimer d'avance.

Cette dernière espèce de miroir réfringent est tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; et quand même nous le réduirions à trois pieds de diamètre sur quinze lignes d'épaisseur au centre et six pieds de foyer, ce qui en rendra l'exécution moins difficile, on auroit toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes lentilles que l'on connoisse. J'ose dire que ce miroir à échelons seroit l'un des plus utiles instruments de physique; je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans, et tous les savants auxquels j'en ai parlé désireroient qu'il fût exécuté : on en tireroit de grands avantages pour l'avancement des sciences; et, y adaptant un héliomètre, on pourroit faire à son foyer toutes les operations de la chimie aussi commodément qu'on le fait au feu des fourneaux, etc.

Explication des figures qui représentent le fourneau dans lequel j'ai fait courber des glaces pour faire des miroirs ardents de différentes espèces.

Dans la planche I, figure 1, est le plan du fourneau, au rez-de-chaussée, où l'on voit *ABHKB* un vide qui sauve les inconvénients du terre-plein sous l'âtre du fourneau; ce vide est couvert d'une voûte, comme on le verra dans les figures suivantes :

ER les cendriers, disposés en sorte que l'ouverture de l'un est dans la face où se trouve le vent de l'autre.

LL deux contre-forts qui affermissent la maçonnerie du fourneau.

MM deux autres contreforts, dont l'usage est le même que celui de ceux ci-dessus, et qui n'en diffèrent que parce qu'ils sont un peu arrondis.

GGGG plans de quatre barres de fer qui affermissent le fourneau, ainsi qu'il sera expliqué ci-après.

La figure 2 est l'élévation d'une des faces parallèles à la ligne *CD* du plan précédent.

HK l'ouverture pratiquée dans l'âtre du fourneau, afin qu'il ne s'y trouve point d'humidité.

CC la bouche ou grande ouverture du fourneau.

A la petite ouverture pratiquée dans la face opposée, laquelle est toute semblable à celle que la même planche représente, à cette différence près, que l'ouverture est plus petite.

Mm un des contre-forts arrondis, à côté duquel on voit le vent.

R ouverture par ou l'air extérieur passe sous la grille du foyer.

E le cendrier, *N* le foyer, *P* la porte qui le ferme.

Ll un contre-fort carré.

GO, GO, deux des barres de fer scellées en terre, et qui sont unies à celles qui sont posées à l'autre face par les liens de fer *DD*, ainsi que l'on verra dans une des figures suivantes.

OO deux barres de fer qui unissent ensemble les deux barres *GO, GO*, et retiennent la voûte de l'ouverture *CC*, qui est bombée.

mDBDl la voûte commune du fourneau et des foyers, dont la figure est ellipsoide; l'arrangement des briques et autres matériaux qui composent le fourneau se connoît aisément par la figure.

La figure 3 est la vue extérieure du fourneau par une des faces parallèles à la ligne *AB* du plan, fig. I.

Ll, Mm, contre-forts.

HK extrémités de l'ouverture sous l'âtre du fourneau.

GOD, GOD, les barres de fer dont on a parlé, qui sont unies ensemble par le lien *DD*.

Les liens *DD* couchés sur la voûte *DBD* sont unis ensemble par un troisième lien de fer.

Les figures précédentes font connoître l'extérieur du fourneau. L'intérieur, plus intéressant, est représenté dans les planches suivantes.

La figure 4 est une coupe horizontale du fourneau par le milieu de la grande bouche.

X est l'âtre qu'on a rendu concave sphérique.

EE les deux grilles qui séparent le foyer du cendrier, et sur lesquelles on met le charbon: on a supposé que la voûte étoit transparente, pour mieux faire voir la direction des barreaux qui composent les grilles.

A la petite ouverture, *CC* la grande.

DD les marges; *LM, LM*, les contre-forts.

La figure 5 est la coupe verticale du fourneau suivant la ligne *OD* du plan, ou selon le grand axe de l'ellipsoïde dont la voûte a la figure.

Z le vide sous l'âtre du fourneau.

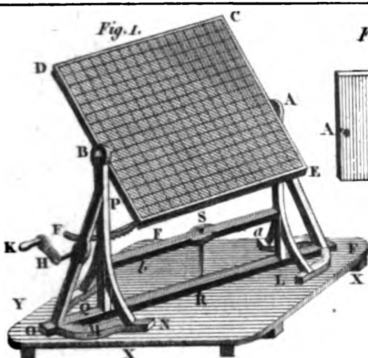
GXK cavité sphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, et sur laquelle la glace *GK* qui a été arrondie est posée, et dont elle doit prendre exactement la figure, après qu'elle aura été ramollie par le feu.

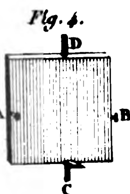
FF les grilles du foyer au-dessous desquelles sont les cendriers.

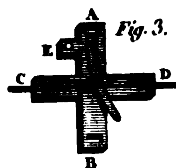
DD les marges qui empêchent les bords de la glace du côté des foyers d'être trop tôt atteints par le feu.

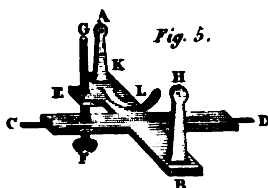
CBC la voûte, *CC* lunettes que l'on ouvre ou ferme à volonté en les couvrant d'un carreau de terre cuite, *LM* contre-forts.

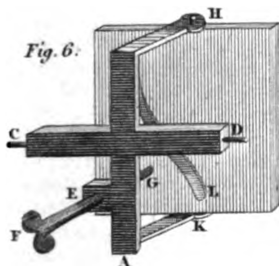
La figure 6 représente la coupe du fourneau par un plan vertical, qui passe par la ligne *AB* du plan.

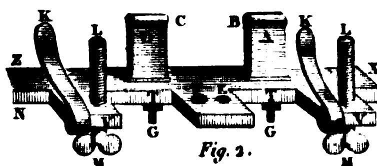


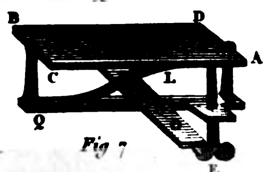


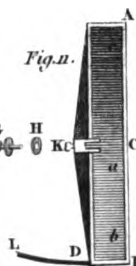


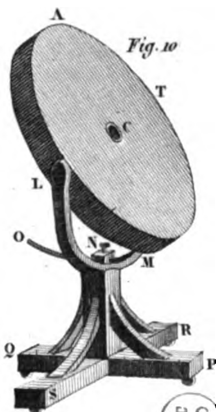


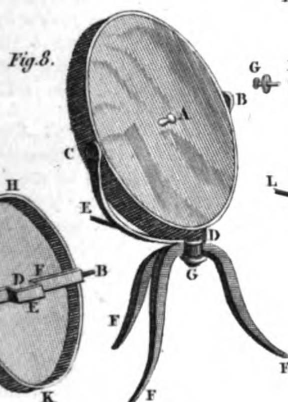


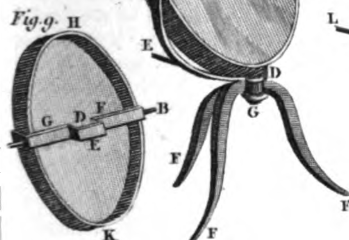












Couché fils dir.

HKL le vide sous l'âtre du fourneau.

GXK cavité sphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, et sur laquelle la glace *X* est déjà appliquée.

DD une des marges, *P* la grande ouverture, *Q* la petite, *CC* lunettes.

CBC la voûte coupée transversalement ou selon le petit axe de l'ellipsoïde. On jugera de la grandeur de chaque partie de ce fourneau par les échelles qui sont au bas de chaque figure, qui ont été exactement levées sur le fourneau qui étoit au jardin royal des Plantes, par M. Goussier.

Grand miroir de réflexion, appelé MIROIR D'ARCHIMÈDE.

Planche 2, figure 1. Ce miroir est composé de trois cent soixante glaces montées sur un châssis de fer *CDEF;* chaque glace est mobile, pour que les images réfléchies par chacune puissent être renvoyées vers le même point, et coïncider dans le même espace.

Le châssis, qui a deux tourillons, est porté par une pièce de fer composée de deux montants *MB, LA,* assemblés à tenons et mortaises dans la couche *ZO;* ils sont assujettis dans cette situation par la traverse *ab*, et par trois étais à chacun *N, Q, O,* fixés en *P* dans le corps du montant *MB,* et assemblés par le bas dans une courbe *NOQ* qui leur sert d'empatement; ces courbes ont des entailles qui reçoivent des roulettes, au moyen desquelles cette machine, quoique fort puissante, peut tourner librement sur le plancher de bois *XXY,* étant assujettie au centre de cette plate-forme par l'axe *RS* qui passe dans les deux traverses *ZO, ab;* chaque montant porté aussi à sa partie inférieure une roulette, en sorte que toute la machine est portée par dix roulettes : la plate-forme de bois est recouverte de bandes de fer dans la rouette des roulettes; sans cette attention la plate-forme ne seroit pas de longue durée.

La plate-forme est portée par quatre fortes roulettes de bois, dont l'usage est de faciliter le transport de toute la machine d'un lieu à un autre.

Pour pouvoir varier à volonté les inclinaisons du miroir, et pouvoir l'assujettir dans la situation que l'on juge à propos, on a adapté la crémaillère *F,* qui est unie avec des cercles; cette crémaillère est menée par un pignon en lanterne, dont la tige *H* traverse le montant et un des étais, et est terminée par une manivelle *K*, au moyen de laquelle on incline ou on redresse le miroir à discrétion.

Jusqu'à présent nous n'avons expliqué que la construction générale du miroir; reste à expliquer par quel artifice on parvient à faire que les images différentes, réfléchies par les différents miroirs, sont toutes renvoyées au même point, et c'est à quoi sont destinées les figures suivantes :

Figure 2. *XZ* une portion des barres qui occupent le derrière du miroir; ces barres sont au nombre de vingt, et disposées horizontalement, en sorte que leur plan est parallèle au plan du miroir : chacune de ces barres a dix-huit entailles *TT,* et le même nombre d'éminences *VVV* qui les séparent : ces barres sont assujetties aux côtés verticaux du châssis du miroir par des vis, et entre elles par trois ou quatre barres verticales, auxquelles elles sont assujetties par des vis. Vis-à-vis de chaque entaille *TT* il y a des poupées *TA, TD,* qui y sont fixées par les écrous *GG,* qui prennent la partie taraudée de la

queue de la poupée, après qu'elle a traversé l'épaisseur de la barre; les parties supérieures de chaque poupée, qui sont percées, servent de collets aux tourillons de la croix dont nous allons parler; cette croix, représentée figures 3 et 5, est un morceau de cuivre ou de fer, dont la figure fait connoître la forme.

CD les tourillons qui entrent dans les trous pratiqués à chaque poupée, en sorte qu'elle se peut mouvoir librement dans ces trous.

La vis *ML*, après avoir traversé l'éminence *V*, va s'appuyer en dessous contre l'extrémité inférieure *B* du croisillon *AB*; en même temps le ressort *K* va s'appliquer contre l'autre extrémité *A* du même croisillon; en sorte que lorsque l'on fait tourner la vis en montant, le ressort en se rétablissant fait que la partie *B* du croisillon se trouve toujours appliquée sur la pointe de la vis : il résulte de cette construction un mouvement de ginglyme ou charnière, dont l'axe est *BC*, figure 2.

Ce seul mouvement ne suffisant pas, on en a pratiqué un autre, dont l'axe de mouvement croise à angle le premier.

Aux deux extrémités *A* et *B* du croisillon *AB*, on a adapté deux petites poupées *BH*, *AK*, figure 5, retenues, comme les précédentes, par des vis et des écrous.

Les trous *HA*, qui sont aux parties supérieures de ces poupées, reçoivent les tourillons *DC*, figure 4, d'une plaque de fer que nous avons appelée *porte-glace*, qui peut se mouvoir librement sur les poupées, et s'incliner à l'axe *CD* du premier mouvement par le moyen de la vis *FG*, pour laquelle on a réservé un bossage *E* dans le croisillon *AB*, afin de lui servir d'écrous dormants : cette vis s'applique par *E* contre la partie *DBC* du porte-glace, et force cette partie à monter lorsqu'on tourne la vis; mais lorsqu'on vient à lâcher cette vis, le ressort *L* qui s'applique contre la partie *DAC* du porte-glace, le force à suivre toujours la pointe de la vis : au moyen de ces deux mouvements de ginglyme, on peut donner à la glace qui est reçue par les crochets *ACB* du porte-glace, telle direction que l'on souhaite, et par ce moyen faire coïncider l'image du soleil réfléchie par une glace avec celle qui est réfléchie par une autre.

La figure 6 représente le porte-glace vu par-derrière, où l'on voit la vis *FEG* qui s'applique en *G* hors de l'axe du mouvement *HK*, et le ressort *L* qui s'applique en *L* de l'autre côté de l'axe de mouvement.

La figure 7 représente le porte-glace vu en dessus, et garni de la glace *ACBD*; le reste est expliqué dans les autres figures.

Miroir de réflexion rendu concave par la pression d'une vis appliquée au centre.

La figure 8 représente le miroir monté sur son pied, *BCD* la fourchette qui porte le miroir; cette fourchette est mobile dans l'axe vertical, et est retenue sur le pied à trois branches *FFF* par l'écrou *G*.

DE le régulateur des inclinaisons.

A la tête de la vis placée au centre du miroir, rendu concave par son moyen.

La figure 9 représente le miroir vu par sa partie postérieure, *BC* les tourillons qui entrent dans les collets de la fourchette.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 10. 6 pieds de foyer

Fig. 11. 8 pieds de foyer

Fig. 12.

Echelle de deux pieds.

Couché fils dir.

FG une barre de fer fixée sur l'anneau du même métal qui entoure la glace : cette barre sert de point d'appui à la vis *DE* qui comprime la glace.

BHCK l'anneau ou cercle de fer sur lequel la glace est appliquée ; ce cercle doit être exactement plan et parfaitement circulaire : on couvre la partie sur laquelle la glace s'applique, avec de la peau, du cuir ou de l'étoffe, pour que le contact soit plus immédiat, et que la glace ne soit point exposée à rompre.

Miroir de réflexion rendu concave par la pression de l'atmosphère.

Figure 10. Ce miroir consiste en un tambour ou cylindre, dont une des bases est la glace, et l'autre une plaque de fer.

AB la glace parfaitement plane, *C* une lentille taillée dans l'épaisseur même de la glace.

BM la hauteur du cylindre aux extrémités du diamètre horizontal *TL*, duquel sortent deux tourillons, qui entrent dans les yeux de la fourchette, ainsi qu'il est expliqué en parlant du miroir de réfraction.

MO le régulateur des inclinaisons.

N le collet par lequel il passe, et la vis qui sert à l'y fixer.

RSPQ le pied qui est semblable à celui du miroir de réfraction, à cette différence près, qu'il est de bois, et que les pièces ont un contour moins orné; du reste sa fonction est la même.

Figure 11 est le profil du miroir coupé par un plan qui passe par l'axe du cylindre, et auquel on suppose que l'œil est perpendiculaire.

AB la glace dont on voit l'épaisseur.

C la lentille qui y est entaillée, et dont le foyer tombe sur le point *c*.

ED la base du cylindre, qui est une plaque de fer.

AE, *BD*, la hauteur et la coupe de la surface cylindrique.

cm une mèche soufrée que l'on fait entrer dans la cavité du miroir, après avoir ôté la vis *K*, dont l'écrou est un cube solidement attaché à la plaque de fer qui sert de fond au miroir.

G la même vis représentée séparément ; *H* une rondelle de cuir que l'on met entre la tête de la vis et son écrou pour fermer entièrement le passage à l'air.

abc la courbure que la glace prend, après que l'air que le cylindre contient a été consommé par la flamme de la bougie à laquelle la lentille *C* a mis le feu.

DRE le régulateur des inclinaisons, qui est assemblé à la charnière au point *D*.

Autre miroir de réflexion.

Planche III, figure 1. Il consiste aussi en un cylindre ou tambour de fer, dont une des bases est une glace parfaitement plane ; la base opposée est une plaque de fer qui est fortifiée par les règles de fer posées de champ *EE*, *HH*. On vide l'air que le cylindre contient par la pompe *BC*, qui est affermie sur la plaque de fer par les collets *xx*.

A l'extrémité supérieure du piston.

E un cube de cuivre solidement fixé sur la plaque; ce cube est percé en travers pour recevoir le robinet *F*, au moyen duquel on ouvre ou on ferme la communication de l'intérieur du cylindre avec la pompe.

LN, mn, la fourchette sur laquelle le miroir est monté, et qui est mobile dans l'arbre *MO*.

PRQ le pied, qui a seulement trois branches; ce qui fait qu'il porte toujours à plomb, même sur un plan inégal.

La figure 2 représente le miroir coupé suivant la ligne *GH*, et duquel on suppose que l'on a pompé l'air.

XZ la glace que la pression de l'atmosphère a rendue concave.

HG la plaque de fer qui sert de fond au cylindre.

LN les tourillons.

FE le robinet.

Les figures 3 et 4 représentent en grand la coupe du cube dans lequel passe le robinet; ce cube est supposé coupé par un plan perpendiculaire à la plaque et qui passe par la pompe.

c partie du canal coudé pratiqué dans le cube qui communique à l'intérieur du miroir.

b portion du même canal qui communique à la pompe.

a le robinet qui se trouve coupé perpendiculairement à son axe.

La figure 3 représente la situation du robinet lorsque la communication est ouverte; la portion *m* du canal se présente vis-à-vis les couvertures *b*.

La figure 4 représente la situation du robinet lorsque la communication est fermée; alors la partie *m* du canal ne se présente plus vis-à-vis les mêmes ouvertures.

Lentille à l'eau.

Figure 5. Le miroir entier monté sur pied.

ABMC le miroir composé des deux glaces convexes, assujetties l'une contre l'autre par le châssis ou cadre circulaire *ABMC*.

BC extrémités de la fourchette de fer qui porte ce miroir. Les extrémités de cette fourchette sont percées d'un trou cylindrique pour recevoir les tourillons dont le châssis du miroir est garni, et sur lesquels il se meut pour varier les inclinaisons.

BMC la fourchette.

KFIGH le pied qui porte le miroir; il est composé de plusieurs pièces.

KL l'arbre ou poinçon qui s'appuie par sa partie inférieure sur la croix *HI, FG;* il est fixé dans la situation verticale par les quatre étais ou jambes de force *KG, RK, KF, KI,* qui sont de fer, et auxquelles on a donné un contour agréable.

f, g, h, i, les roulettes.

Figure 6. Coupe au profil du miroir dans laquelle on suppose que l'œil est placé dans le plan qui sépare les deux glaces.

XZ les deux glaces qui étant réunies forment une lentille.

bm coupe du châssis ou anneau qui retient les glaces unies ensemble; cet anneau est composé de deux pièces qui s'assujettissent l'une à l'autre par des vis, et entre lesquelles les glaces sont mastiquées.

a une petite bouteille à deux cols, l'un desquels communique au vide que les deux glaces laissent entre elles par un canal pratiqué entre les deux glaces, et qui est entaillé moitié dans l'une et moitié dans l'autre.

Figure 7. *BDC* la fourchette de fer qui porte le miroir.

DE tige de la fourchette qui entre dans un trou vertical pratiqué à l'axe ou arbre *KL* du pied, en sorte que l'on peut présenter successivement la face du miroir à tous les points de l'horizon.

C collet dans lequel passe le régulateur des inclinaisons que l'on y fixe par une vis.

Lentille à échelons.

Figure 8. *AB* bordure circulaire pour contenir ce miroir à échelons.

CC tourillons qui passent dans les trous percés horizontalement à la partie supérieure de la fourchette *DD;* à sa partie inférieure tient une tige aussi de fer, que l'on ne voit point ici, étant entrée perpendiculairement, mais un peu à l'aise, dans l'arbre *E*, afin de pouvoir tourner à droite et à gauche.

L'arbre *B* est attaché solidement à son pied, qui est fait en croix, dont on ne peut voir ici que trois de ses côtés.

GGG jambages de force ou étais de fer pour la solidité.

HHH roulettes dessous les pieds pour ranger facilement ce miroir à la direction que l'on juge à propos.

La figure 9 représente ce même miroir à échelons en perspective, tourné vers le soleil pour mettre le feu.

AB bordure circulaire qui contient la glace à échelons.

CC tourillons qui passent dans les trous percés à la partie supérieure de la fourchette *DD*.

A la partie inférieure de la fourchette, qui est de fer, tient une tige cylindrique de même métal qui entre juste dans l'arbre, mais non trop serrée, pour qu'elles puissent avoir un jeu doux propre à pouvoir tourner à droite ou à gauche pour la diriger comme on le désire.

E l'arbre dans lequel entre cette tige.

FFFF les quatre pieds en croix sur laquelle est attaché solidement l'arbre.

GGGG les quatre jambes de force, aussi de fer.

H le feu actif tiré du soleil par la construction de ce miroir.

III roulettes de dessous les pieds du porte-miroir.

Les figures 10, 11, 12, représentent les coupes de trois miroirs à échelons, dont le plus facile à exécuter seroit celui de la figure 10. Leur échelle est de six pouces de pied-de-roi pour pied-de-roi.

SEPTIÈME MÉMOIRE.

Observations sur les couleurs accidentelles et sur les ombres colorées.

Quoiqu'on se soit beaucoup occupé, dans ces derniers temps, de la physique des couleurs, il ne paroît pas qu'on ait fait de grands progrès depuis Newton : ce n'est pas qu'il ait épuisé la matière, mais la plupart des physiciens ont plus travaillé à le

combattre qu'à l'entendre; et quoique ses principes soient clairs et ses expériences incontestables, il y a si peu de gens qui se soient donné la peine d'examiner à fond les rapports et l'ensemble de ses découvertes, que je ne crois pas devoir parler d'un nouveau genre de couleurs, sans avoir auparavant donné des idées nettes sur la production des couleurs en général.

Il y a plusieurs moyens de produire des couleurs; le premier est la réfraction. Un trait de lumière qui passe à travers un prisme se rompt et se divise de façon qu'il produit une image colorée, composée d'un nombre infini de couleurs; et les recherches qu'on a faites sur cette image colorée du soleil ont appris que la lumière de cet astre est l'assemblage d'une infinité de rayons de lumière différemment colorés; que ces rayons ont autant de différents degrés de réfrangibilité que de couleurs différentes, et que la même couleur a constamment le même degré de réfrangibilité. Tous les corps diaphanes dont les surfaces ne sont pas parallèles produisent des couleurs par la réfraction; l'ordre de ces couleurs est invariable, et leur nombre, quoique infini, a été réduit à sept dénominations principales, *violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge*: chacune de ces dénominations répond à un intervalle déterminé dans l'image colorée, qui contient toutes les nuances de la couleur dénommée, de sorte que dans l'intervalle rouge on trouve toutes les nuances de rouge, dans l'intervalle jaune toutes les nuances de jaune, etc., et dans les confins de ces intervalles les couleurs intermédiaires qui ne sont ni jaunes ni rouges, etc.

C'est par de bonnes raisons que Newton a fixé à sept le nombre des dénominations des couleurs: l'image colorée du soleil qu'il appelle *le spectre solaire*, n'offre à la première vue que cinq coleurs, violet, bleu, vert, jaune et rouge; ce n'est encore qu'une décomposition imparfaite de la lumière, et une représentation confuse des couleurs. Comme cette image est composée d'une infinité de cercles différemment colorés qui répondent à autant de disques du soleil, et que ces cercles anticipent beaucoup les uns sur les autres, le milieu de tous ces cercles est l'endroit où le mélange des couleurs est le plus grand, et il

n'y a que les côtés rectilignes de l'image où les couleurs soient pures; mais, comme elles sont en même temps très foibles, on a peine à les distinguer, et on se sert d'un autre moyen pour épurer les couleurs : c'est en rétrécissant l'image du disque du soleil, ce qui diminue l'anticipation des cercles colorés les uns sur les autres, et par conséquent le mélange des couleurs. Dans ce spectre de lumière épurée et homogène, on voit très bien les sept couleurs : on en voit même beaucoup plus de sept avec un peu d'art; car en recevant successivement sur un fil blanc les différentes parties de ce spectre de lumière épurée, j'ai compté souvent jusqu'à dix-huit ou vingt couleurs dont la différence étoit sensible à mes yeux. Avec de meilleurs organes ou plus d'attention on pourroit encore en compter davantage: cela n'empêche pas qu'on ne doive fixer le nombre de leurs dénominations à sept, ni plus ni moins; et cela par une raison bien fondée, c'est qu'en divisant le spectre de lumière épurée en sept intervalles, et suivant la proportion donnée par Newton, chacun de ces intervalles contient des couleurs qui, quoique prises toutes ensemble, sont indécomposables par le prisme et par quelque art que ce soit; ce qui leur a fait donner le nom de *couleurs primitives*. Si au lieu de diviser le spectre en sept, on ne le divise qu'en six, ou cinq, ou quatre, ou trois intervalles, alors les couleurs contenues dans chacun de ces intervalles se décomposent par le prisme, et par conséquent ces couleurs ne sont pas pures, et ne doivent pas être regardées comme couleurs primitives. On ne peut donc pas réduire les couleurs primitives à moins de sept dénominations, et on ne doit pas en admettre un plus grand nombre, parce qu'alors on diviseroit inutilement les intervalles en deux ou plusieurs parties, dont les couleurs seroient de la même nature, et ce seroit partager mal à propos une même espèce de couleur, et donner des noms différents à des choses semblables.

Il se trouve, par un hasard singulier, que l'étendue proportionnelle de ces sept intervalles de couleurs répond assez juste à l'étendue proportionnelle des sept tons de la musique; mais ce n'est qu'un hasard dont on ne doit tirer aucune consé-

quence : ces deux résultats sont indépendants l'un de l'autre ; et il faut se livrer bien aveuglément à l'esprit de système pour prétendre, en vertu d'un rapport fortuit, soumettre l'œil et l'oreille à des lois communes, et traiter l'un de ces organes par les règles de l'autre, en imaginant qu'il est possible de faire un concert aux yeux ou un paysage aux oreilles.

Ces sept couleurs, produites par la réfraction, sont inaltérables, et contiennent toutes les couleurs et toutes les nuances de couleurs qui sont au monde : les couleurs du prisme, celles de l'arc-en-ciel, des images des halos, dépendent toutes de la réfraction, et en suivent exactement les lois.

La réfraction n'est cependant pas le seul moyen pour produire des couleurs; la lumière a de plus que sa qualité réfrangible d'autres propriétés qui, quoique dépendantes de la même cause générale, produisent des effets différents; de la même façon que la lumière se rompt et se divise en couleurs en passant d'un milieu dans un autre milieu transparent, elle se rompt aussi en passant auprès des surfaces d'un corps opaque; cette espèce de réfraction qui se fait dans le même milieu s'appelle *inflexion*, et les couleurs qu'elle produit sont les mêmes que celles de la réfraction ordinaire : les rayons violets, qui sont les plus réfrangibles, sont aussi les plus flexibles; et la frange colorée par l'inflexion de la lumière ne diffère du spectre coloré produit par la réfraction que dans la forme; et, si l'intensité des couleurs est différente, l'ordre en est le même, les propriétés toutes semblables, le nombre égal, la qualité primitive et inaltérable commune à toutes, soit dans la réfraction, soit dans l'inflexion, qui n'est en effet qu'une espèce de réfraction.

Mais le plus puissant moyen que la nature emploie pour produire des couleurs, c'est la réflexion[1]; toutes les couleurs ma-

[1] J'avoue que je ne pense pas comme Newton, au sujet de la réflexibilité des différents rayons de la lumière. Sa définition de la réflexibilité n'est pas assez générale pour être satisfaisante : il est sûr que la plus grande facilité à être réfléchie est la même chose que la plus grande réflexibilité; il faut que cette plus grande facilité soit générale pour tous les cas : or qui sait si le rayon violet se réfléchit le plus aisément dans tous les cas, à cause que, dans un cas particulier, il rentre plus tôt dans le verre que les autres rayons ? La réflexion

térielles en dépendent : le vermillon n'est rougé que parce qu'il réfléchit abondamment les rayons rouges de la lumière, et qu'il absorbe les autres; l'outremer ne paroît bleu que parce qu'il réfléchit fortement les rayons bleus, et qu'il reçoit dans ses pores tous les autres rayons qui s'y perdent. Il en est de même des autres couleurs des corps opaques et transparents; la transparence dépend de l'uniformité de densité : lorsque les parties composantes d'un corps sont d'égale densité, de quelque figure que soient ces mêmes parties, le corps sera toujours transpa-

de la lumière suit les mêmes lois que le rebondissement de tous les corps à ressorts : de là on doit conclure que les particules de lumière sont élastiques, et par conséquent la réflexibilité de la lumière sera toujours proportionnelle à son ressort, et dès-lors les rayons les plus réflexibles seront ceux qui auront le plus de ressort; qualité difficile à mesurer dans la matière de la lumière, parce qu'on ne peut mesurer l'intensité d'un ressort que par la vitesse qu'il produit : il faudroit donc, pour qu'il fût possible de faire une expérience sur cela, que les satellites de Jupiter fussent illuminés successivement par toutes les couleurs du prisme, pour reconnoître par leurs éclipses s'il y auroit plus ou moins de vitesse dans le mouvement de la lumière violette que dans le mouvement de la lumière rouge; car ce n'est que par la comparaison de la vitesse de ces deux différents rayons qu'on peut savoir si l'un a plus de ressort que l'autre ou plus de réflexibilité. Mais on n'a jamais observé que les satellites, au moment de leur émersion, aient d'abord paru violets, et ensuite éclairés successivement de toutes les couleurs du prisme; donc il est à présumer que les rayons de lumière ont à peu près tous un ressort égal, et par conséquent autant de réflexibilité. D'ailleurs le cas particulier où le violet paroît être plus réflexible ne vient que de la réfraction, et ne paroît pas tenir à la réflexion : cela est aisé à démontrer. Newton a fait voir, à n'en pouvoir douter, que les rayons différents sont inégalement réfrangibles; que le rouge l'est le moins, et le violet le plus de tous : il n'est donc pas étonnant qu'à une certaine obliquité le rayon violet se trouvant, en sortant du prisme, plus oblique à la surface que tous les autres rayons, il soit le premier saisi par l'attraction du verre et contraint d'y rentrer, tandis que les autres rayons, dont l'obliquité est moindre, continuent leur route sans être assez attirés pour être obligés de rentrer dans le verre : ceci n'est donc pas, comme le prétend Newton, une vraie réflexion : c'est seulement une suite de la réfraction. Il me semble qu'il ne devoit donc pas assurer en général que les rayons les plus réfrangibles étoient les plus réflexibles. Cela ne me paroît vrai qu'en prenant cette suite de la réfraction pour une réflexion, ce qui n'en est pas une; car il est évident qu'une lumière qui tombe sur un miroir et qui en rejaillit en formant un angle de réflexion égal à celui d'incidence est dans un cas bien différent de celui où elle se trouve au sortir d'un verre si oblique à la surface qu'elle est contrainte d'y rentrer : ces deux phénomènes n'ont rien de commun, et ne peuvent, à mon avis, s'expliquer par la même cause.

rent. Si l'on réduit un corps transparent à une fort petite épaisseur, cette plaque mince produira des couleurs dont l'ordre et les principales apparences sont fort différentes des phénomènes du spectre ou de la frange colorée : aussi ce n'est pas par la réfraction que ces couleurs sont produites, c'est par la réflexion. Les plaques minces des corps transparents, les bulles de savon, les plumes des oiseaux, etc., paroissent colorées parce qu'elles réfléchissent certains rayons, et laissent passer ou absorbent les autres ; ces couleurs ont leurs lois et dépendent de l'épaisseur de la plaque mince : une certaine épaisseur produit constamment une certaine couleur ; toute autre épaisseur ne peut la produire, mais en produit une autre : et lorsque cette épaisseur est diminuée à l'infini, en sorte qu'au lieu d'une plaque mince et transparente on n'a plus qu'une surface polie sur un corps opaque, ce poli, qu'on peut regarder comme le premier degré de la transparence, produit aussi des couleurs par la réflexion, qui ont encore d'autres lois ; car lorsqu'on laisse tomber un trait de lumière sur un miroir de métal, ce trait de lumière ne se réfléchit pas tout entier sous le même angle, il s'en disperse une partie qui produit des couleurs dont les phénomènes, aussi bien que ceux des plaques minces, n'ont pas encore été assez bien observés.

Toutes les couleurs dont je viens de parler sont naturelles, et dépendent uniquement des propriétés de la lumière ; mais il en est d'autres qui me paroissent accidentelles, et qui dépendent autant de notre organe que de l'action de la lumière. Lorsque l'œil est frappé ou pressé, on voit des couleurs dans l'obscurité ; lorsque cet organe est mal disposé ou fatigué, on voit encore des couleurs : c'est ce genre de couleur que j'ai cru devoir appeler *couleurs accidentelles*, pour les distinguer des couleurs naturelles, et parce qu'en effet elles ne paroissent jamais que lorsque l'organe est forcé ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

Personne n'a fait, avant le docteur Jurin, la moindre observation sur ce genre de couleurs ; cependant elles tiennent aux couleurs naturelles par plusieurs rapports, et j'ai découvert une

suite de phénomènes singuliers sur cette matière, que je vais rapporter le plus succinctement qu'il me sera possible.

Lorsqu'on regarde fixement et long-temps une tache ou une figure rouge sur un fond blanc, comme un petit carré de papier rouge sur un papier blanc, on voit naître autour du petit carré rouge une espèce de couronne d'un vert foible : en cessant de regarder le carré rouge, si on porte l'œil sur le papier blanc, on voit très distinctement un carré d'un vert tendre, tirant un peu sur le bleu; cette apparence subsiste plus ou moins long-temps, selon que l'impression de la couleur rouge a été plus ou moins forte. La grandeur du carré vert imaginaire est la même que celle du carré réel rouge, et ce vert ne s'évanouit qu'après que l'œil s'est rassuré et s'est porté successivement sur plusieurs autres objets dont les images détruisent l'impression trop forte causée par le rouge.

En regardant fixement et long-temps une tache jaune sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache une couronne d'un bleu pâle; et en cessant de regarder la tache jaune et portant son œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit distinctement une tache bleue de la même figure et de la même grandeur que la tache jaune, et cette apparence dure au moins aussi long-temps que l'apparence du vert produit par le rouge. Il m'a même paru, après avoir fait moi-même et après avoir fait répéter cette expérience à d'autres dont les yeux étoient meilleurs et plus forts que les miens, que cette impression du jaune étoit plus forte que celle du rouge, et que la couleur bleue qu'elle produit s'effaçoit plus difficilement et subsistoit plus long-temps que la couleur verte produite par le rouge; ce qui me semble prouver ce qu'a soupçonné Newton, que le jaune est de toutes les couleurs celle qui fatigue le plus nos yeux.

Si l'on regarde fixement et long-temps une tache verte sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache verte une couleur blanchâtre, qui est à peine colorée d'une petite teinte de pourpre : mais en cessant de regarder la tache verte et en portant l'œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit distinc-

tement une tache d'un pourpre pâle, semblable à la couleur d'une améthyste pâle; cette apparence est plus foible et ne dure pas, à beaucoup près, aussi long-temps que les couleurs bleues et vertes produites par le jaune et par le rouge.

De même, en regardant fixement et long-temps une tache bleue sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache bleue une couronne blanchâtre un peu teinte de rouge; et en cessant de regarder la tache bleue, et portant l'œil sur le fond blanc, on voit une tache d'un rouge pâle, toujours de la même figure et de la même grandeur que la tache bleue, et cette apparence ne dure pas plus long-temps que l'apparence pourpre produite par la tache verte.

En regardant de même avec attention une tache noire sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache noire une couronne d'un blanc vif; et cessant de regarder la tache noire, et portant l'œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit la figure de la tache exactement dessinée et d'un blanc beaucoup plus vif que celui du fond : ce blanc n'est pas mat; c'est un blanc brillant, semblable au blanc du premier ordre des anneaux colorés décrits par Newton; et au contraire, si on regarde long-temps une tache blanche sur un fond noir, on voit la tache blanche se décolorer; et en portant l'œil sur un autre endroit du fond noir, on y voit une tache d'un noir plus vif que celui du fond.

Voilà donc une suite de couleurs accidentelles, qui a des rapports avec la suite de couleurs naturelles : le rouge naturel produit le vert accidentel, le jaune produit le bleu, le vert produit le pourpre, le bleu produit le rouge, le noir produit le blanc, et le blanc produit le noir. Ces couleurs accidentelles n'existent que dans l'organe fatigué, puisqu'un autre œil ne les aperçoit pas : elles ont même une apparence qui les distingue des couleurs naturelles; c'est qu'elles sont tendres, brillantes, et qu'elles paroissent être à différentes distances, selon qu'on les rapporte à des objets voisins ou éloignés.

Toutes ces expériences ont été faites sur des couleurs mates avec des morceaux de papier ou d'étoffes colorées : mais elles

réussissent encore mieux lorsqu'on les fait sur des couleurs brillantes, comme avec de l'or brillant et poli, au lieu de papier ou d'étoffe jaune; avec de l'argent brillant, au lieu de papier blanc; avec du lapis, au lieu de papier bleu, etc. L'impression de ces couleurs brillantes est plus vive et dure beaucoup plus long-temps.

Tout le monde sait qu'après avoir regardé le soleil, on porte quelquefois pendant long-temps l'image colorée de cet astre sur tous les objets; la lumière trop vive du soleil produit en un instant ce que la lumière ordinaire des corps ne produit qu'au bout d'une minute ou deux d'application fixe de l'œil sur les couleurs. Ces images colorées du soleil, que l'œil ébloui et trop fortement ébranlé porte partout, sont des couleurs du même genre que celles que nous venons de décrire; et l'explication de leurs apparences dépend de la même théorie.

Je n'entreprendrai pas de donner ici les idées qui me sont venues sur ce sujet; quelque assuré que je sois de mes expériences, je ne suis pas assez certain des conséquences qu'on en doit tirer, pour oser rien hasarder encore sur la théorie de ces couleurs. Je me contenterai de rapporter d'autres observations qui confirment les expériences précédentes, et qui serviront sans doute à éclairer cette matière.

En regardant fixement et fort long-temps un carré d'un rouge vif sur un fond blanc, on voit d'abord naître la petite couronne de vert tendre dont j'ai parlé; ensuite, en continuant à regarder fixement le carré rouge, on voit le milieu du carré se décolorer, et les côtés se charger de couleur, et former comme un cadre d'un rouge plus fort et beaucoup plus foncé que le milieu; ensuite, en s'éloignant un peu et continuant à regarder toujours fixement, on voit le cadre de rouge foncé se partager en deux dans les quatre côtés, et former une croix d'un rouge aussi foncé: le carré rouge paroît alors comme une fenêtre traversée dans son milieu par une grosse croisée et quatre panneaux blancs; car le cadre de cette espèce de fenêtre est d'un rouge aussi fort que la croisée. Continuant toujours à regarder avec opiniâtreté, cette apparence change

encore, et tout se réduit à un rectangle d'un rouge si foncé, si fort et si vif, qu'il offusque entièrement les yeux. Ce rectangle est de la même hauteur que le carré; mais il n'a pas la sixième partie de sa largeur : ce point est le dernier degré de fatigue que l'œil peut supporter; et lorsqu'enfin on détourne l'œil de cet objet, et qu'on le porte sur un autre endroit du fond blanc, on voit, au lieu du carré rouge réel, l'image du rectangle rouge imaginaire, exactement dessinée et d'une couleur verte brillante. Cette impression subsiste fort long-temps, ne se décolore que peu à peu; elle reste dans l'œil, même après l'avoir fermé. Ce que je viens de dire du carré rouge arrive aussi lorsqu'on regarde très long-temps un carré jaune ou noir, ou de toute autre couleur; on voit de même le cadre jaune ou noir, la croix et le rectangle; et l'impression qui reste est un rectangle bleu, si on a regardé du jaune; un rectangle blanc brillant, si on a regardé un carré noir, etc.

J'ai fait faire les expériences que je viens de rapporter, à plusieurs personnes; elles ont vu, comme moi, les mêmes couleurs et les mêmes apparences. Un de mes amis m'a assuré, à cette occasion, qu'ayant regardé un jour une éclipse de soleil par un petit trou, il avoit porté, pendant plus de trois semaines, l'image colorée de cet astre sur tous les objets; que quand il fixoit ses yeux sur du jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il voyait une tache pourpre; et sur du bleu, comme sur un toit d'ardoises, une tache verte. J'ai moi-même souvent regardé le soleil, et j'ai vu les mêmes couleurs : mais comme je craignois de me faire mal aux yeux en regardant cet astre, j'ai mieux aimé continuer mes expériences sur des étoffes colorées; et j'ai trouvé qu'en effet ces couleurs accidentelles changent en se mêlant avec les couleurs naturelles, et qu'elles suivent les mêmes règles pour les apparences : car lorsque la couleur verte accidentelle, produite par le rouge naturel, tombe sur un fond rouge brillant, cette couleur verte devient jaune; si la couleur accidentelle bleue, produite par le jaune vif, tombe sur un fond jaune, elle devient verte : en sorte que les couleurs qui résultent du mélange de ces cou-

leurs accidentelles avec les couleurs naturelles suivent les mêmes règles et ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur composition et dans leur mélange avec d'autres couleurs naturelles.

Ces observations pourront être de quelque utilité pour la connoissance des incommodités des yeux, qui viennent probablement d'un grand ébranlement causé par l'impression trop vive de la lumière. Une de ces incommodités est de voir toujours devant ses yeux des taches colorées, des cercles blancs, ou des points noirs comme des mouches qui voltigent. J'ai ouï bien des personnes se plaindre de cette espèce d'incommodité; et j'ai lu dans quelques auteurs de médecine que la goutte sereine est toujours précédée de ces points noirs. Je ne sais pas si leur sentiment est fondé sur l'expérience, car j'ai éprouvé moi-même cette incommodité: j'ai vu des points noirs pendant plus de trois mois en si grande quantité, que j'en étois fort inquiet; j'avois apparemment fatigué mes yeux en faisant et en répétant trop souvent les expériences précédentes, et en regardant quelquefois le soleil; car les points noirs ont paru dans ce même temps, et je n'en avois jamais vu de ma vie: mais enfin ils m'incommodoient tellement, surtout lorsque je regardois au grand jour les objets fortement éclairés, que j'étois contraint de détourner les yeux; le jaune surtout m'étoit insupportable, et j'ai été obligé de changer des rideaux jaunes dans la chambre que j'habitois, et d'en mettre de verts; j'ai évité de regarder toutes les couleurs trop fortes et tous les objets brillants. Peu à peu le nombre des points noirs a diminué, et actuellement je n'en suis plus incommodé. Ce qui m'a convaincu que ces points noirs viennent de la trop forte impression de la lumière, c'est qu'après avoir regardé le soleil j'ai toujours vu une image colorée que je portois plus ou moins long-temps sur tous les objets; et, suivant avec attention les différentes nuances de cette image colorée, j'ai reconnu qu'elle se décoloroit peu à peu, et qu'à la fin je ne portois plus sur les objets qu'une tache noire, d'abord assez grande, qui diminuoit ensuite peu à peu, et se réduisoit enfin à un point noir.

Je vais rapporter à cette occasion un fait qui est assez remarquable : c'est que je n'étois jamais plus incommodé de ces points noirs que quand le ciel étoit couvert de nuées blanches; ce jour me fatiguoit beaucoup plus que la lumière d'un ciel serein, et cela parce qu'en effet la quantité de lumière réfléchie par un ciel couvert de nuées blanches est beaucoup plus grande que la quantité de lumière réfléchie par l'air pur, et qu'à l'exception des objets éclairés immédiatement par les rayons du soleil, tous les autres objets qui sont dans l'ombre sont beaucoup moins éclairés que ceux qui le sont par la lumière réfléchie d'un ciel couvert de nuées blanches.

Avant que de terminer ce mémoire, je crois devoir encore annoncer un fait qui paroîtra peut-être extraordinaire, mais qui n'en est pas moins certain, et que je suis fort étonné qu'on n'ait pas observé : c'est que les ombres des corps, qui, par leur essence, doivent être noires, puisqu'elles ne sont que la privation de la lumière; que les ombres, dis-je, sont toujours colorées au lever et au coucher du soleil. J'ai observé, pendant l'été de 1743, plus de trente aurores et autant de soleils couchants; toutes les ombres qui tomboient sur du blanc, comme sur une muraille blanche, étoient quelquefois vertes, mais le plus souvent bleues, et d'un bleu aussi vif que le plus bel azur. J'ai fait voir ce phénomène à plusieurs personnes qui ont été aussi surprises que moi. La saison n'y fait rien; car il n'y a pas huit jours (15 novembre 1743) que j'ai vu des ombres bleues : et quiconque voudra se donner la peine de regarder l'ombre de l'un de ses doigts, au lever et au coucher du soleil, sur un morceau de papier blanc, verra comme moi cette ombre bleue. Je ne sache pas qu'aucun astronome, qu'aucun physicien, que personne, en un mot, ait parlé de ce phénomène, et j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté on me permettroit de donner le précis de cette observation.

Au mois de juillet 1743, comme j'étois occupé de mes couleurs accidentelles, et que je cherchois à voir le soleil, dont l'œil soutient mieux la lumière à son coucher qu'à toute autre heure du jour, pour reconnoître ensuite les couleurs, et les

changements de couleurs causés par cette impression, je remarquai que les ombres des arbres qui tomboient sur une muraille blanche étoient vertes. J'étois dans un lieu élevé, et le soleil se couchoit dans une gorge de montagne, en sorte qu'il me paroissoit fort abaissé au-dessous de mon horizon : le ciel étoit serein, à l'exception du couchant, qui, quoique exempt de nuages, étoit chargé d'un rideau transparent de vapeurs d'un jaune rougeâtre, le soleil lui-même fort rouge, et sa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle est à midi. Je vis donc très distinctement les ombres des arbres qui étoient à vingt et trente pieds de la muraille blanche colorées d'un vert tendre tirant un peu sur le bleu; l'ombre d'un treillage qui étoit à trois pieds de la muraille étoit parfaitement dessinée sur cette muraille, comme si on l'avoit nouvellement peinte en vert-de-gris. Cette apparence dura près de cinq minutes, après quoi la couleur s'affoiblit avec la lumière du soleil, et ne disparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du soleil, j'allai regarder d'autres ombres sur une muraille blanche; mais au lieu de les trouver vertes, comme je m'y attendois, je les trouvai bleues, ou plutôt de la couleur de l'indigo le plus vif. Le ciel étoit serein, et il n'y avoit qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant : le soleil se levoit sur une colline, en sorte qu'il me paroissoit élevé au-dessus de mon horizon. Les ombres bleues ne durèrent que cinq minutes, après quoi elles me parurent noires. Le même jour, je revis, au coucher du soleil, les ombres vertes, comme je les avois vues la veille. Six jours se passèrent ensuite sans pouvoir observer les ombres au coucher du soleil, parce qu'il étoit toujours couvert de nuages. Le septième jour, je vis le soleil à son coucher; les ombres n'étoient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur : je remarquai que les vapeurs n'étoient pas fort abondantes, et que le soleil, ayant avancé pendant sept jours, se couchoit derrière un rocher qui le faisoit disparoître avant qu'il pût s'abaisser au-dessous de mon horizon. Depuis ce temps, j'ai très souvent observé les ombres, soit au lever, soit au coucher du soleil, et je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu fort vif, d'autres

fois d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais constamment bleues.

Ce mémoire a été imprimé dans ceux de l'Académie royale des Sciences, année 1743. Voici ce que je crois devoir y ajouter aujourd'hui (année 1773).

Des observations plus fréquentes m'ont fait reconnoître que les ombres ne paroissent jamais vertes au lever ou au coucher du soleil que quand l'horizon est chargé de beaucoup de vapeurs rouges; dans tout autre cas, les ombres sont toujours bleues, et d'autant plus bleues que le ciel est plus serein. Cette couleur bleue des ombres n'est autre chose que la couleur même de l'air; et je ne sais pourquoi quelques physiciens ont défini l'air *un fluide invisible, inodore, insipide,* puisqu'il est certain que l'azur céleste n'est autre chose que la couleur de l'air; qu'à la vérité il faut une grande portion d'air pour que notre œil s'aperçoive de la couleur de cet élément; mais que néanmoins lorsqu'on regarde de loin les objets sombres, on les voit toujours plus ou moins bleus. Cette observation, que les physiciens n'avoient pas faites sur les ombres et sur les objets sombres vus de loin, n'avoit pas échappé aux habiles peintres, et elle doit en effet servir de base à la couleur des objets lointains, qui tous auront une nuance bleuâtre d'autant plus sensible qu'ils seront supposés plus éloignés du point de vue.

On pourra me demander comment cette couleur bleue, qui n'est sensible à notre œil que quand il y a une très grande épaisseur d'air, se marque néanmoins si fortement à quelques pieds de distance au lever et au coucher du soleil; comment il est possible que cette couleur de l'air, qui est à peine sensible à dix mille toises de distance, puisse donner à l'ombre noire d'un treillage qui n'est éloigné de la muraille blanche que de trois pieds une couleur du plus beau bleu : c'est en effet de la solution de cette question que dépend l'explication du phénomène. Il est certain que la petite épaisseur d'air qui n'est que de trois pieds entre le treillage et la muraille ne peut pas donner à la couleur noire de l'ombre une nuance aussi forte de bleu : si cela étoit, on verroit à midi et dans tous les autres

temps du jour les ombres bleues comme on les voit au lever et au coucher du soleil. Ainsi cette apparence ne dépend pas uniquement, ni même presque point du tout, de l'épaisseur de l'air entre l'objet et l'ombre. Mais il faut considérer qu'au lever et au coucher du soleil, la lumière de cet astre étant affoiblie à la surface de la terre, autant qu'elle peut l'être par la plus grande obliquité de cet astre, les ombres sont moins denses, c'est-à-dire moins noires dans la même proportion, et qu'en même temps la terre n'étant plus éclairée que par cette foible lumière du soleil, qui ne fait qu'en raser la superficie, la masse de l'air, qui est plus élevée, et qui par conséquent reçoit encore la lumière du soleil bien moins obliquement, nous renvoie cette lumière, et nous éclaire alors autant et peut-être plus que le soleil. Or cet air pur et bleu ne peut nous éclairer qu'en nous renvoyant une grande quantité de rayons de sa même couleur bleue; et lorsque ces rayons bleus, que l'air réfléchit, tomberont sur des objets privés de toute autre couleur comme les ombres, ils les teindront d'une plus ou moins forte nuance de bleu; selon qu'il y aura moins de lumière directe du soleil, et plus de lumière réfléchie de l'atmosphère. Je pourrois ajouter plusieurs autres choses qui viendroient à l'appui de cette explication; mais je pense que ce que je viens de dire est suffisant pour que les bons esprits l'entendent et en soient satisfaits.

Je crois devoir citer ici quelques faits observés par M. l'abbé Millot, ancien grand-vicaire de Lyon, qui a eu la bonté de me les communiquer par ses lettres des 18 août 1754 et 10 février 1755, dont voici l'extrait: « Ce n'est pas seulement au lever et au coucher du soleil que les ombres se colorent. A midi, le ciel étant couvert de nuages, excepté en quelques endroits, vis-à-vis d'une de ces ouvertures que laissoient entre eux les nuages, j'ai fait tomber des ombres d'un fort beau bleu sur du papier blanc, à quelques pas d'une fenêtre. Les nuages s'étant joints, le bleu disparut. J'ajouterai, en passant, que plus d'une fois j'ai vu l'azur du ciel se peindre comme dans un miroir, sur une muraille où la lumière tomboit obliquement. Mais

voici d'autres observations plus importantes, à mon avis; avant que d'en faire le détail, je suis obligé de tracer la topographie de ma chambre. Elle est à un troisième étage; la fenêtre près d'un angle au couchant, la porte presque vis-à-vis. Cette porte donne dans une galerie au bout de laquelle, à deux pas de distance, est une fenêtre située au midi. Les jours des deux fenêtres se réunissent, la porte étant ouverte contre une des murailles; et c'est là que j'ai vu des ombres colorées presque à toute heure, mais principalement sur les dix heures du matin. Les rayons du soleil, que la fenêtre de la galerie reçoit encore obliquement, ne tombent point, par celle de la chambre, sur la muraille dont je viens de parler. Je place à quelques pouces de cette muraille des chaises de bois à dossier percé. Les ombres en sont alors de couleurs quelquefois très vives. J'en ai vu qui, quoique projetées du même côté, étoient l'une d'un vert foncé, l'autre d'un bel azur. Quand la lumière est tellement ménagée, que les ombres soient également sensibles de part et d'autre, celle qui est opposée à la fenêtre de la chambre est ou bleue ou violette; l'autre, tantôt verte, tantôt jaunâtre. Celle-ci est accompagnée d'une espèce de pénombre bien colorée, qui forme comme une double bordure bleue d'un côté, et, de l'autre, verte ou rouge, ou jaune, selon l'intensité de la lumière. Que je ferme les volets de ma fenêtre, les couleurs de cette pénombre n'en ont souvent que plus d'éclat; elles disparoissent si je ferme la porte à moitié. Je dois ajouter que le phénomène n'est pas, à beaucoup près, si sensible en hiver. Ma fenêtre est au couchant d'été : je fis mes premières expériences dans cette saison, dans un temps où les rayons du soleil tomboient obliquement sur la muraille qui fait angle avec celle où les ombres se coloroient. »

On voit par ces observations de M. l'abbé Millot qu'il suffit que la lumière du soleil tombe très obliquement sur une sur face pour que l'azur du ciel, dont la lumière tombe toujours directement, s'y peigne et colore les ombres : mais les autres apparences dont il fait mention ne dépendent que de la position des lieux et d'autres circonstances accessoires.

HUITIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la pesanteur du feu, et sur la durée de l'incandescence.

Je crois devoir rappeler ici quelques-unes des choses que j'ai dites dans l'introduction qui précède ces mémoires, afin que ceux qui ne les auroient pas bien présentes puissent néanmoins entendre ce qui fait l'objet de celui-ci. Le feu ne peut guère exister sans lumière, et jamais sans chaleur, tandis que la lumière existe souvent sans chaleur sensible, comme la chaleur existe encore plus souvent sans lumière; l'on peut donc considérer la lumière et la chaleur comme deux propriétés du feu, ou plutôt comme les deux seuls effets par lesquels nous le reconnoissons : mais nous avons montré que ces deux effets ou ces deux propriétés ne sont pas toujours essentiellement liés ensemble, que souvent ils ne sont ni simultanés ni contemporains; puisque, dans de certaines circonstances, on sent de la chaleur long-temps avant que la lumière paroisse, et que, dans d'autres circonstances, on voit de la lumière long-temps avant de sentir de la chaleur, et même souvent sans en sentir aucune; et nous avons dit que, pour raisonner juste sur la nature du feu, il falloit auparavant tâcher de reconnoître celle de la lumière et celle de la chaleur, qui sont les principes réels dont l'élément du feu nous paroît être composé.

Nous avons vu que la lumière est une matière mobile, élastique et pesante, c'est-à-dire susceptible d'attraction, comme toutes les autres matières : on a démontré qu'elle est mobile, et même on a déterminé le degré de sa vitesse immense par le très petit temps qu'elle emploie à venir des satellites de Jupiter jusqu'à nous : on a reconnu son élasticité, qui est presque infinie, par l'égalité de l'angle de son incidence et de celui de sa réflexion; enfin sa pesanteur, ou, ce qui revient au même, son attraction vers les autres matières, est aussi démontrée par l'inflexion qu'elle souffre toutes les fois qu'elle passe auprès des

autres corps. On ne peut donc pas douter que la substance de la lumière ne soit une vraie matière, laquelle, indépendamment de ses qualités propres et particulières, a aussi les propriétés générales et communes à toute autre matière. Il en est de même de la chaleur : c'est une matière qui ne diffère pas beaucoup de celle de la lumière ; et ce n'est peut-être que la lumière elle-même qui, quand elle est très forte ou réunie en une grande quantité, change de forme, diminue de vitesse, et, au lieu d'agir sur le sens de la vue, affecte les organes du toucher. On peut donc dire que, relativement à nous, la chaleur n'est que le toucher de la lumière, et qu'en elle-même la chaleur n'est qu'un des effets du feu sur les corps ; effet qui se modifie suivant les différentes substances, et produit dans toutes une dilatation, c'est-à-dire une séparation de leurs parties constituantes : et lorsque, par cette dilatation ou séparation, chaque partie se trouve assez éloignée de ses voisines pour être hors de leur sphère d'attraction, les matières solides, qui n'étoient d'abord que dilatées par la chaleur, deviennent fluides, et ne peuvent reprendre leur solidité qu'autant que la chaleur se dissipe, et permet aux parties désunies de se rapprocher et se joindre d'aussi près qu'auparavant[1].

Ainsi toute fluidité a la chaleur pour cause, et toute dilatation dans les corps doit être regardée comme une fluidité commençante ; or nous avons trouvé, par l'expérience, que les temps du progrès de la chaleur dans les corps, soit pour l'entrée, soit pour la sortie, sont toujours en raison de leur fluidité ou de leur fusibilité, et il doit s'ensuivre que leurs dila-

[1] Je sais que quelques chimistes prétendent que les métaux rendus fluides par le feu ont plus de pesanteur spécifique que quand ils sont solides : mais j'ai de la peine à le croire ; car il s'ensuivroit que leur état de dilatation, où cette pesanteur spécifique est moindre, ne seroit pas le premier degré de leur état de fusion, ce qui néanmoins paroît indubitable. L'expérience sur laquelle ils fondent leur opinion, c'est que le métal en fusion supporte le même métal solide, et qu'on le voit nager à la surface du métal fondu ; mais je pense que cet effet ne vient que de la répulsion causée par la chaleur, et ne doit point être attribué à la pesanteur spécifique plus grande du métal en fusion ; je suis au contraire très persuadé qu'elle est moindre que celle du métal solide.

tations respectives doivent être en même raison. Je n'ai pas eu besoin de tenter de nouvelles expériences pour m'assurer de la vérité de cette conséquence générale; M. Musschenbroëck en ayant fait de très exactes sur la dilatation de différents métaux, j'ai comparé ses expériences avec les miennes, et j'ai vu, comme je m'y attendois, que les corps les plus lents à recevoir et perdre la chaleur sont aussi ceux qui se dilatent le moins promptement, et que ceux qui sont les plus prompts à s'échauffer et à se refroidir sont ceux qui se dilatent le plus vite; en sorte qu'à commencer par le fer, qui est le moins fluide de tous les corps, et finir par le mercure, qui est le plus fluide, la dilatation dans toutes les différentes matières se fait en même raison que le progrès de la chaleur dans ces mêmes matières.

Lorsque je dis que le fer est le plus solide, c'est-à-dire le moins fluide de tous les corps, je n'avance rien que l'expérience ne m'ait jusqu'à présent démontré; cependant il pourroit se faire que la platine, comme je l'ai remarqué ci-devant, étant encore moins fusible que le fer, la dilatation y seroit moindre, et le progrès de la chaleur plus lent que dans le fer: mais je n'ai pu avoir de ce minéral qu'en grenaille; et pour faire l'expérience de la fusibilité et la comparer à celle des autres métaux, il faudroit en avoir une masse d'un pouce de diamètre, trouvée dans la mine même: toute la platine que j'ai pu trouver en masse a été fondue par l'addition d'autres matières, et n'est pas assez pure pour qu'on puisse s'en servir à des expériences qu'on ne doit faire que sur des matières pures et simples; et celle que j'ai fait fondre moi-même sans addition étoit encore en trop petit volume pour pouvoir la comparer exactement.

Ce qui me confirme dans cette idée, que la platine pourroit être l'extrême en *non-fluidité* de toutes les matières connues, c'est la quantité de fer pur qu'elle contient, puisqu'elle est presque toute attirable par l'aimant: ce minéral, comme je l'ai dit, pourroit donc bien n'être qu'une matière ferrugineuse plus condensée et spécifiquement plus pesante que le fer ordinaire, intimement unie avec une grande quantité d'or, et par

conséquent, étant moins fusible que le fer, recevroit encore plus difficilement la chaleur.

De même, lorsque je dis que le mercure est le plus fluide de tous les corps, je n'entends que les corps sur lesquels on peut faire des expériences exactes; car je n'ignore pas, puisque tout le monde le sait, que l'air ne soit encore beaucoup plus fluide que le mercure : et en cela même la loi que j'ai donnée sur le progrès de la chaleur est encore confirmée; car l'air s'échauffe et se refroidit, pour ainsi dire, en un instant; il se condense par le froid, et se dilate par la chaleur plus qu'aucun autre corps; et néanmoins le froid le plus excessif ne le condense pas assez pour lui faire perdre sa fluidité, tandis que le mercure perd la sienne à 187 degrés de froid au-dessous de la congélation de l'eau, et pourroit la perdre à un degré de froid beaucoup moindre, si on le réduisoit en vapeur. Il subsiste donc encore un peu de chaleur au-dessous de ce froid excessif de 187 degrés, et par conséquent le degré de la congélation de l'eau, que tous les constructeurs de thermomètres ont regardé comme la limite de la chaleur, et comme un terme où l'on doit la supposer égale à zéro, est au contraire un degré réel de l'échelle de la chaleur; degré ou non-seulement la quantité de chaleur subsistante n'est pas nulle, mais où cette quantité de chaleur est très considérable, puisque c'est à peu près le point milieu entre le degré de la congélation du mercure et celui de la chaleur nécessaire pour fondre le bismuth, qui est de 190 degrés, lequel ne diffère guère de 187 au-dessus du terme de la glace que comme l'autre en diffère au-dessous.

Je regarde donc la chaleur comme une matière réelle qui doit avoir son poids, comme toute autre matière; et j'ai dit en conséquence que, pour reconnoître si le feu a une pesanteur sensible, il faudroit faire l'expérience sur de grandes masses pénétrées de feu, et les peser dans cet état, et qu'on trouveroit peut-être une différence assez sensible pour qu'on en pût conclure la pesanteur du feu ou de la chaleur qui m'en paroît être la substance la plus matérielle; la lumière et la chaleur sont les deux éléments matériels du feu, ces deux

éléments réunis ne sont que le feu même, et ces deux matières nous affectent chacune sous leur forme propre, c'est-à-dire d'une manière différente. Or, comme il n'existe aucune forme sans matière, il est clair que quelque subtile qu'on suppose la substance de la lumière, de la chaleur ou du feu, elle est sujette, comme toute autre matière, à la loi générale de l'attraction universelle : car, comme nous l'avons dit, quoique la lumière soit douée d'un ressort presque parfait, et que par conséquent ses parties tendent avec une force presque infinie à s'éloigner des corps qui la produisent, nous avons démontré que cette force expansive ne détruit pas celle de la pesanteur; on le voit par l'exemple de l'air, qui est très élastique, et dont les parties tendent avec force à s'éloigner les unes des autres, qui ne laisse pas d'être pesant. Ainsi la force par laquelle les parties de l'air ou du feu tendent à s'éloigner et s'éloignent en effet les unes des autres ne fait que diminuer la masse, c'est-à-dire la densité de ces matières, et leur pesanteur sera toujours proportionnelle à cette densité : si donc l'on vient à bout de reconnoître la pesanteur du feu par l'expérience de la balance, on pourra peut-être quelque jour en déduire la densité de cet élément, et raisonner ensuite sur la pesanteur et l'élasticité du feu avec autant de fondement que sur la pesanteur et l'élasticité de l'air.

J'avoue que cette expérience, qui ne peut être faite qu'en grand, paroît d'abord assez difficile, parce qu'une forte balance, et telle qu'il la faudroit pour supporter plusieurs milliers, ne pourroit être assez sensible pour indiquer une petite différence qui ne seroit que de quelques gros. Il y a ici, comme en tout, un *maximum* de précision qui probablement ne se trouve ni dans la plus petite ni dans la plus grande balance possible. Par exemple, je crois que, si dans une balance avec laquelle on peut peser une livre l'on arrive à un point de précision d'un douzième de grain, il n'est pas sûr qu'on pût faire une balance pour peser dix milliers, qui pencheroit aussi sensiblement pour une once trois gros quarante-un grains, ce qui est la différence proportionnelle de 1 à 10,000, ou qu'au

contraire, si cette grosse balance indiquoit clairement cette différence, la petite balance n'indiqueroit pas également bien celle d'un douzième de grain; et que par conséquent nous ignorons quelle doit être pour un poids donné la balance la plus exacte.

Les personnes qui s'occupent de physique expérimentale devroient faire la recherche de ce problème, dont la solution, qu'on ne peut obtenir que par l'expérience, donneroit le *maximum* de précision de toutes les balances. L'un des plus grands moyens d'avancer les sciences, c'est d'en perfectionner les instruments. Nos balances le sont assez pour peser l'air : avec un degré de perfection de plus, on viendroit à bout de peser le feu, et même la chaleur.

Les boulets rouges de quatre pouces et demi et de cinq pouces de diamètre, que j'avois laissé refroidir dans une balance[1], avoient perdu sept, huit et dix grains chacun en se refroidissant; mais plusieurs raisons m'ont empêché de regarder cette petite diminution comme la quantité réelle du poids de la chaleur. Car, 1° le fer, comme on l'a vu par le résultat de mes expériences, est une matière que le feu dévore, puisqu'il la rend spécifiquement plus légère : ainsi l'on peut attribuer cette diminution de poids à l'évaporation des parties du fer enlevées par le feu; 2° le fer jette des étincelles en grande quantité lorsqu'il est rougi à blanc, il en jette encore quelques-unes lorsqu'il n'est que rouge, et ces étincelles sont des parties de matières dont il faut défalquer le poids de celui de la diminution totale; et, comme il n'est pas possible de recueillir toutes ces étincelles, ni d'en connoître le poids, il n'est pas possible non plus de savoir combien cette perte diminue la pesanteur des boulets; 3° je me suis aperçu que le fer demeure rouge et jette de petites étincelles bien plus long-temps qu'on ne l'imagine; car quoiqu'au grand jour il perde sa lumière et paroisse noir au bout de quelques minutes, si on le transporte dans un lieu obscur, on le voit lumineux, et on aperçoit les petites étincelles qu'il continue de lancer pendant quelques

[1] Voyez les expériences du premier Mémoire.

autres minutes; 4° enfin les expériences sur les boulets me laissoient quelque scrupule, parce que la balance dont je me servois alors, quoique bonne, ne me paroissoit pas assez précise pour saisir au juste le poids réel d'une matière aussi légère que le feu. Ayant donc fait construire une balance capable de porter aisément cinquante livres de chaque côté, à l'exécution de laquelle M. Le Roy, de l'Académie des Sciences, a bien voulu, à ma prière, donner toute l'attention nécessaire, j'ai eu la satisfaction de reconnoître à peu près la pesanteur relative du feu. Cette balance chargée de cinquante livres de chaque côté penchoit assez sensiblement par l'addition de vingt-quatre grains; et chargée de vingt-cinq livres, elle penchoit par l'addition de huit grains seulement.

Pour rendre cette balance plus ou moins sensible, M. Le Roy a fait visser sur l'aiguille une masse de plomb, qui s'élevant et s'abaissant, change le centre de gravité; de sorte qu'on peut augmenter de près de moitié la sensibilité de la balance. Mais, par le grand nombre d'expériences que j'ai faites de cette balance et de quelques autres, j'ai reconnu qu'en général plus une balance est sensible, et moins elle est *sage* : les caprices, tant au physique qu'au moral, semblent être des attributs inséparables de la grande sensibilité. Les balances très sensibles sont si capricieuses, qu'elles ne parlent jamais de la même façon : aujourd'hui elles vous indiquent le poids à un millième près, et demain elles ne le donnent qu'à une moitié, c'est-à-dire à un cinq-centième près, au lieu d'un millième. Une balance moins sensible est plus constante, plus fidèle; et, tout considéré, il vaut mieux, pour l'usage froid qu'on fait d'une balance, la choisir sage que de la prendre ou la rendre trop sensible.

Pour peser exactement des masses pénétrées de feu, j'ai commencé par faire garnir de tôle les bassins de cuivre et les chaînes de la balance, afin de ne pas les endommager; et après en avoir bien établi l'équilibre à son moindre degré de sensibilité, j'ai fait porter sur l'un des bassins une masse de fer rougi à blanc, qui provenoit de la seconde chaude qu'on donne

à l'affinerie après avoir battu au marteau la loupe qu'on appelle *renard* : je fais cette remarque, parce que mon fer, dès cette seconde chaude, ne donne presque plus de flamme, et ne paroît pas se consumer comme il se consume et brûle à la première chaude, et que, quoiqu'il soit blanc de feu, il ne jette qu'un petit nombre d'étincelles avant d'être mis sous le marteau.

I. Une masse de fer rougi à blanc s'est trouvée peser précisément 49 livres 9 onces; l'ayant enlevée doucement du bassin de la balance, et posée sur une pièce d'autre fer où on la laissoit refroidir sans la toucher, elle s'est trouvée, après son refroidissement, au degré de la température de l'air, qui étoit alors celui de la congélation, ne peser que 49 livres 7 onces juste : ainsi elle a perdu 2 onces pendant son refroidissement. On observera qu'elle ne jetoit aucune étincelle, aucune vapeur assez sensible pour ne devoir pas être regardée comme la pure émanation du feu. Ainsi l'on pourroit croire que la quantité de feu contenue dans cette masse de 49 livres 9 onces, étant de 2 onces, elle formoit environ $\frac{1}{396}$ ou $\frac{1}{397}$ du poids de la masse totale. On a remis ensuite cette masse refroidie au feu de l'affinerie; et l'ayant fait chauffer à blanc comme la première fois, et porter au marteau, elle s'est trouvée, après avoir été malléée et refroidie, ne peser que 47 livres 12 onces 3 gros; ainsi le déchet de cette chaude, tant au feu qu'au marteau, étoit de 1 livre 10 onces 5 gros; et ayant fait donner une seconde et une troisième chaude à cette pièce pour achever la barre, elle ne pesoit plus que 43 livres 7 onces 7 gros; ainsi son déchet total, tant par l'évaporation du feu que par la purification du fer à l'affinerie et sous le marteau, s'est trouvé de 6 livres 1 once 1 gros sur 49 livres 9 onces; ce qui ne va pas tout-à-fait au huitième.

Une seconde pièce de fer, prise de même au sortir de l'affinerie à la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 38 livres 15 onces 5 gros 36 grains; et ensuite, pesée froide, de 38 livres 14 onces 36 grains : ainsi elle a

perdu 1 once 5 gros en se refroidissant; ce qui fait environ $\frac{1}{534}$ du poids total de sa masse.

Une troisième pièce de fer, prise de même au sortir du feu de l'affinerie, après la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 45 livres 12 onces 6 gros, et, pesée froide, de 45 livres 11 onces 2 gros : ainsi elle a perdu 1 once 4 gros en se refroidissant; ce qui fait environ $\frac{1}{489}$ de son poids total.

Une quatrième pièce de fer, prise de même après la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 48 livres 11 onces 6 gros, et, pesée après son refroidissement, de 48 livres 10 onces juste : ainsi elle a perdu, en se refroidissant, 14 gros; ce qui fait environ $\frac{1}{447}$ du poids de la masse totale.

Enfin une cinquième pièce de fer, prise de même après la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 49 livres 11 onces, et, pesée après son refroidissement, de 49 livres 9 onces 1 gros : ainsi elle a perdu, en se refroidissant, 15 gros; ce qui fait $\frac{1}{424}$ du poids total de sa masse.

En réunissant les résultats des cinq expériences pour en prendre la mesure commune, on peut assurer que le fer chauffé à blanc, et qui n'a reçu que deux volées de coups de marteau, perd, en se refroidissant, $\frac{1}{428}$ de sa masse.

II. Une pièce de fer qui avoit reçu quatre volées de coups de marteau, et par conséquent toutes les chaudes nécessaires pour être entièrement et parfaitement forgée, et qui pesoit 14 livres 4 gros, ayant été chauffée à blanc, ne pesoit plus que 13 livres 12 onces dans cet état d'incandescence, et 13 livres 11 onces 4 gros après son entier refroidissement; d'où l'on peut conclure que la quantité de feu dont cette pièce de fer étoit pénétrée, faisoit $\frac{1}{440}$ de son poids total.

Une seconde pièce de fer entièrement forgée, et de même qualité que la précédente, pesoit froide 13 livres 7 onces 6 gros; chauffée à blanc, 13 livres 6 onces 7 gros; et refroidie, 13 livres

6 onces 3 gros; ce qui donne $\frac{1}{430}$ à très peu près dont elle a diminué en se refroidissant.

Une troisième pièce de fer, forgée de même que les précédentes, pesoit, froide, 13 livres 1 gros, et chauffée au dernier degré, en sorte qu'elle étoit non-seulement blanche, mais bouillonnante et pétillante de feu, s'est trouvée peser 12 livres 9 onces 7 gros dans cet état d'incandescence; et refroidie à la température actuelle, qui étoit de 16 degrés au-dessus de la congélation, elle ne pesoit plus que 12 livres 9 onces 3 gros; ce qui donne $\frac{1}{407}$ à très peu près pour la quantité qu'elle a perdue en se refroidissant.

Prenant le terme moyen des résultats de ces trois expériences, on peut assurer que le fer parfaitement forgé et de la meilleure qualité, chauffé à blanc, perd, en se refroidissant, environ $\frac{1}{428}$ de sa masse.

III. Un morceau de fer en gueuse, pesé très rouge, environ 20 minutes après sa coulée, s'est trouvé du poids de 33 livres 10 onces; et lorsqu'il a été refroidi, il ne pesoit plus que 33 livres 9 onces : ainsi il a perdu 1 once, c'est-à-dire $\frac{1}{538}$ de son poids ou masse totale en se refroidissant.

Un second morceau de fonte, pris de même très rouge, pesoit 22 livres 8 onces 3 gros; et lorsqu'il a été refroidi, il ne pesoit plus que 22 livres 7 onces 5 gros; ce qui donne $\frac{1}{480}$ pour la quantité qu'il a perdue en se refroidissant.

Un troisième morceau de fonte qui pesoit chaud 16 livres 6 onces 3 gros $\frac{1}{2}$ ne pesoit que 16 livres 5 onces 7 gros $\frac{1}{2}$ lorsqu'il fut refroidi; ce qui donne $\frac{1}{525}$ pour la quantité qu'il a perdue en se refroidissant.

Prenant le terme moyen des résultats de ces trois expériences sur la fonte pesée chaude couleur de cerise, on peut assurer qu'elle perd, en se refroidissant, environ $\frac{1}{524}$ de sa masse, ce qui fait une moindre diminution que celle du fer forgé : mais la raison en est que le fer forgé a été chauffé à blanc dans toutes nos expériences, au lieu que la fonte n'étoit que d'un rouge couleur de cerise lorsqu'on l'a pesée, et que par con-

séquent elle n'étoit pas pénétrée d'autant de feu que le fer; car on observera qu'on ne peut chauffer à blanc la fonte de fer sans l'enflammer et la brûler en partie, en sorte que je me suis déterminé à la faire peser seulement rouge, et au moment où elle vient de prendre sa consistance dans le moule, au sortir du fourneau de fusion.

IV. On a pris sur la dame du fourneau des morceaux du laitier le plus pur et qui formoit de très beau verre de couleur verdâtre.

Le premier morceau pesoit chaud 6 livres 14 onces 2 gros $\frac{1}{2}$, et refroidi, il ne pesoit que 6 livres 14 onces 1 gros; ce qui donne $\frac{1}{588}$ pour la quantité qu'il a perdue en se refroidissant.

Un second morceau de laitier, semblable au précédent, a pesé chaud 5 livres 8 onces 6 gros $\frac{1}{4}$; et refroidi, 5 livres 8 onces 5 gros; ce qui donne $\frac{1}{568}$ pour la quantité dont il a diminué en se refroidissant.

Un troisième morceau, pris de même sur la dame du fourneau, mais un peu moins ardent que le précédent, a pesé chaud 4 livres 7 onces 4 gros $\frac{1}{2}$; et refroidi, 4 livres 7 onces 3 gros $\frac{1}{2}$; ce qui donne $\frac{1}{572}$ pour la quantité dont il a diminué en se refroidissant.

Un quatrième morceau de laitier, qui étoit de verre solide et pur, et qui pesoit froid 2 livres 14 onces 1 gros, ayant été chauffé jusqu'au rouge couleur feu, s'est trouvé peser 2 livres 14 onces 1 gros $\frac{2}{3}$; ensuite, après son refroidissement, il a pesé, comme avant d'avoir été chauffé, 2 livres 14 onces 1 gros juste; ce qui donne $\frac{1}{553\frac{1}{2}}$ pour le poids de la quantité de feu dont il étoit pénétré.

Prenant le terme des résultats de ces quatre expériences sur le verre pesé chaud couleur de feu, on peut assurer qu'il perd en se refroidissant $\frac{1}{570}$; ce qui me paroît être le vrai poids du feu, relativement au poids total des matières qui en sont pénétrées : car ce verre ou laitier ne se brûle ni ne se consume au feu; il ne perd rien de son poids, et se trouve seulement peser $\frac{1}{570}$ de plus lorsqu'il est pénétré de feu.

V. J'ai tenté plusieurs expériences semblables sur le grès, mais elles n'ont pas si bien réussi. La plupart des espèces de grès s'égrenant au feu, on ne peut les chauffer qu'à demi, et ceux qui sont assez durs et d'une assez bonne qualité pour supporter, sans s'égrener, un feu violent, se couvrant d'émail; il y a d'ailleurs dans presque tous des espèces de clous noirs et ferrugineux qui brûlent dans l'opération. Le seul fait certain que j'ai pu tirer de sept expériences sur différents morceaux de grès dur, c'est qu'il ne gagne rien au feu, et qu'il n'y perd que très peu. J'avois déjà trouvé la même chose par les expériences rapportées dans le premier mémoire.

De toutes ces expériences, je crois qu'on doit conclure:

1° Que le feu a, comme toute autre matière, une pesanteur réelle, dont on peut connoître le rapport à la balance dans les substances qui, comme le verre, ne peuvent être altérées par son action, et dans lesquelles il ne fait, pour ainsi dire, que passer, sans y rien laisser et sans en rien enlever.

2° Que la quantité de feu nécessaire pour rougir une masse quelconque, et lui donner sa couleur et sa chaleur, pèse $\frac{1}{570}$, ou, si l'on veut, une six-centième partie de cette masse; en sorte que si elle pèse froide 600 livres, elle pèsera chaude 601 lorsqu'elle sera rouge couleur de feu.

3° Que dans les matières qui, comme le fer, sont susceptibles d'un plus grand degré de feu, et peuvent être chauffées à blanc sans se fondre, la quantité de feu dont elles sont alors pénétrées est environ d'un sixième plus grande; en sorte que sur 500 livres de fer il se trouve une livre de feu. Nous avons même trouvé plus par les expériences précédentes, puisque leur résultat commun donne $\frac{1}{425}$; mais il faut observer que le fer, ainsi que toutes les substances métalliques, se consume un peu en se refroidissant, et qu'il diminue toutes les fois qu'on y applique le feu: cette différence entre $\frac{1}{500}$ et $\frac{1}{425}$ provient donc de cette diminution; le fer, qui perd une quantité très sensible dans le feu, continue à perdre un peu tant qu'il en est pénétré, et par conséquent sa masse totale se trouve plus di-

minuée que celle du verre, que le feu ne peut consumer, ni brûler, ni volatiliser.

Je viens de dire qu'il en est de toutes les substances métalliques comme du fer, c'est-à-dire que toutes perdent quelque chose par la longue ou la violente action du feu, et je puis le prouver par des expériences incontestables sur l'or et sur l'argent, qui, de tous les métaux, sont les plus fixes et les moins sujets à être altérés par le feu. J'ai exposé au foyer du miroir ardent des plaques d'argent pur, et des morceaux d'or aussi pur; je les ai vus fumer abondamment et pendant un très long temps : il n'est donc pas douteux que ces métaux ne perdent quelque chose de leur substance par l'application du feu; et j'ai été informé, depuis, que cette matière qui s'échappe de ce métaux et s'élève en fumée n'est autre chose que le métal mêm volatilisé, puisqu'on peut dorer ou argenter à cette fumée métallique les corps qui la reçoivent.

Le feu, surtout appliqué long-temps, volatilise donc peu à peu ces métaux, qu'il semble ne pouvoir brûler ni détruire d'aucune autre manière; et en les volatilisant il n'en change pas la nature, puisque cette fumée qui s'en échappe est encore du métal qui conserve toutes ses propriétés. Or il ne faut pas un feu bien violent pour produire cette fumée métallique; elle paroît à un degré de chaleur au-dessous de celui qui est nécessaire pour la fusion de ces métaux. C'est de cette même manière que l'or et l'argent se sont sublimés dans le sein de la terre; ils ont d'abord été fondus par la chaleur excessive du premier état du globe, où tout étoit en liquéfaction; et ensuite la chaleur moins forte, mais constante, de l'intérieur de la terre les a volatilisés, et a poussé ces fumées métalliques jusqu'au sommet des plus hautes montagnes, où elles se sont accumulées en grains ou attachées en vapeurs aux sables et aux autres matières dans lesquelles on les trouve aujourd'hui. Les paillettes d'or que l'eau roule avec les sables tirent leur origine soit des masses d'or fondues par le feu primitif, soit des surfaces dorées par cette sublimation, desquelles l'action de l'air et de l'eau les détache et les sépare.

Mais revenons à l'objet immédiat de nos expériences. Il me paroît quelles ne laissent aucun doute sur la pesanteur réelle du feu, et qu'on peut assurer, en conséquence de leurs résultats, que toute matière solide pénétrée de cet élément autant qu'elle peut l'être par l'application que nous savons en faire est au moins d'une six-centième partie plus pesante que dans l'état de la température actuelle, et qu'il faut une livre de matière ignée pour donner à 600 livres de toute autre matière l'état d'incandescence jusqu'au rouge couleur de feu, et environ une livre sur 500 pour que l'incandescence soit jusqu'au blanc ou jusqu'à la fusion; en sorte que le fer chauffé à blanc, ou le verre en fusion, contiennent dans cet état $\frac{1}{500}$ de matière ignée dont leur propre substance est pénétrée.

Mais cette grande vérité, qui paroîtra nouvelle aux physiciens, et de laquelle on pourra tirer des conséquences utiles, ne nous apprend pas encore ce qu'il serait cependant important de savoir; je veux dire le rapport de la pesanteur du feu à la pesanteur de l'air, ou de la matière ignée à celle des autres matières. Cette recherche suppose de nouvelles découvertes auxquelles je ne suis pas parvenu et dont je n'ai donné que quelques indications dans mon *Traité des éléments:* car, quoique nous sachions par mes expériences qu'il faut une cinq-centième partie de matière ignée pour donner à toute autre matière l'état de la plus forte incandescence, nous ne savons pas à quel point cette matière ignée y est condensée, comprimée, ni même accumulée, parce que nous n'avons jamais pu la saisir dans un état constant pour la peser ou la mesurer; en sorte que nous n'avons point d'unité à laquelle nous puissions rapporter la mesure de l'état d'incandescence. Tout ce que j'ai donc pu faire à la suite de mes expériences, c'est de rechercher combien il falloit consommer de matière combustible pour faire entrer dans une masse de matière solide cette quantité de matière ignée qui est la cinq-centième partie de la masse en incandescence, j'ai trouvé, par des essais réitérés, qu'il falloit brûler 300 livres de charbon au vent de deux soufflets de dix pieds de longueur pour chauffer à blanc une pièce de fonte de

fer de 500 livres pesant. Mais comment mesurer, ni même estimer à peu près, la quantité totale de feu produite par ces 300 livres de matière combustible? comment pouvoir comparer la quantité de feu qui se perd dans les airs avec celle qui s'attache à la pièce de fer, et qui pénètre dans toutes les parties de sa substance? Il faudroit pour cela bien d'autres expériences, ou plutôt il faut un art nouveau dans lequel je n'ai pu faire que les premiers pas.

VI. J'ai fait quelques expériences pour reconnoître combien il faut de temps aux matières qui sont en fusion pour prendre leur consistance, et passer de l'état de fluidité à celui de la solidité; combien de temps il faut pour que la surface prenne sa consistance; combien il en faut de plus pour produire cette même consistance à l'intérieur, et savoir par conséquent combien le centre d'un globe, dont la surface seroit consistante et même refroidie à un certain point, pourroit néanmoins être dans l'état de liquéfaction : voici ces expériences.

SUR LE FER.

Nº 1. Le 29 juillet, à 5 heures 45 minutes, moment auquel la fonte de fer a cessé de couler, on a observé que la gueuse a pris de la consistance sur sa face supérieure en 3 minutes à sa tête, c'est-à-dire à la partie la plus éloignée du fourneau, et en cinq minutes à sa queue, c'est-à-dire à la parlie la plus voisine du fourneau : l'ayant alors fait soulever du moule et casser en cinq endroits, on n'a vu aucune marque de fusibilité intérieure dans les quatre premiers morceaux; seulement, dans le morceau cassé le plus près du fourneau, la matière s'est trouvée intérieurement molle, et quelques parties se sont attachées au bout d'un petit ringard, à 5 heures 55 minutes, c'est-à-dire 12 minutes après la fin de la coulée: on a conservé ce morceau numéroté ainsi que les suivants.

Nº 2. Le lendemain, 30 juillet, on a coulé une autre gueuse à 8 heures 1 minute, et à 8 heures 4 minutes, c'est-à-dire trois minutes après, la surface de sa tête étoit consolidée, et en ayant

fait casser deux morceaux, il est sorti de leur intérieur une quantité de fonte coulante ; à 8 heures 7 minutes il y avoit encore dans l'intérieur des marques évidentes de fusion, en sorte que la surface a pris consistance en 3 minutes, et l'intérieur ne l'avoit pas encore prise en 6 minutes.

N° 3. Le 31 juillet, la gueuse a cessé de couler à midi 35 minutes ; sa surface, dans la partie du milieu, avoit pris sa consistance à 39 minutes, c'est-à-dire en 4 minutes, et l'ayant cassée dans cet endroit à midi 44 minutes, il s'en est écoulé une grande quantité de fonte encore de fusion : on avoit remarqué que la fonte de cette gueuse étoit plus liquide que celle du numéro précédent, et on a conservé un morceau cassé dans lequel l'écoulement de la matière intérieure a laissé une cavité profonde de 26 pouces dans l'intérieur de la gueuse. Ainsi la surface ayant pris en 4 minutes la consistance solide, l'intérieur étoit encore en grande liquéfaction après 8 minutes $\frac{1}{2}$.

N° 4. Le 2 août, à 4 heures 47 minutes, la gueuse qu'on a coulée s'est trouvée d'une fonte très épaisse, aussi sa surface dans le milieu a pris sa consistance en 3 minutes ; et 1 minute $\frac{1}{2}$ après, lorsqu'on l'a cassée, toute la fonte de l'intérieur s'est écoulée, n'a laissé qu'un tuyau de 6 lignes d'épaisseur sous la face supérieure, et d'un pouce environ d'épaisseur aux autres faces.

N° 5. Le 3 août, dans une gueuse de fonte très liquide, on a cassé trois morceaux d'environ 2 pieds $\frac{1}{2}$ de long, à commencer du côté de la gueuse, c'est-à-dire dans la partie la plus froide du moule et la plus éloignée du fourneau, et l'on a reconnu, comme il étoit naturel de s'y attendre, que la partie intérieure de la gueuse étoit moins consistante à mesure qu'on approchoit du fourneau, et que la cavité inférieure produite par l'écoulement de la fonte encore liquide, étoit à peu près en raison inverse de la distance au fourneau. Deux causes évidentes concourent à produire cet effet : le moule de la gueuse formé par les sables est d'autant plus échauffé qu'il est plus près du fourneau, et en second lieu, il reçoit d'autant plus de chaleur qu'il y passe une plus grande quantité de fonte. Or la

totalité de la fonte qui constitue la gueuse passe dans la partie du moule où se forme sa queue, auprès de l'ouverture de la coulée; tandis que la tête de la gueuse n'est formée que de l'excédant qui a parcouru le moule entier, et s'est déjà refroidie avant d'arriver dans cette partie la plus éloignée du fourneau, la plus froide de toutes, et qui n'est échauffée que par la seule matière qu'elle contient. Aussi de trois morceaux pris à la tête de cette gueuse, la surface du premier, c'est-à-dire du plus éloigné du fourneau, a pris sa consistance en 1 minute $\frac{1}{2}$; mais tout l'intérieur a coulé au bout de 3 minutes $\frac{1}{3}$. La surface du second a de même pris sa consistance en 1 minute $\frac{1}{2}$, et l'intérieur couloit de même au bout de 3 minutes $\frac{1}{3}$. Enfin la surface du troisième morceau, qui étoit le plus loin de la terre, et qui approchoit du milieu de la gueuse, a pris sa consistance en 1 minute $\frac{3}{4}$, et l'intérieur couloit encore très abondamment au bout de 4 minutes.

Je dois observer que toutes ces gueuses étoient triangulaires, et que leur face supérieure, qui étoit la plus grande, avoit environ 6 pouces $\frac{1}{3}$ de largeur. Cette face supérieure, qui est exposée à l'action de l'air, se consolide néanmoins plus lentement que les deux faces qui sont dans le sillon où la matière a coulé : l'humidité des sables qui forme cette espèce de moule refroidit et consolide la fonte plus promptement que l'air; car, dans tous les morceaux que j'ai fait casser, les cavités formées par l'écoulement de la fonte encore liquide étoient bien plus voisines de la face supérieure que des deux autres faces.

Ayant examiné tous ces morceaux après le refroidissement, j'ai trouvé, 1° que les morceaux du n° 4 ne s'étoient consolidés que de 6 lignes d'épaisseur sous la face supérieure; 2° que ceux du n° 5 se sont consolidés de 9 lignes d'épaisseur sous cette même face supérieure; 3° que les morceaux du n° 2 s'étoient consolidés d'un pouce d'épaisseur sous cette même face; 4° que les morceaux du n° 3 s'étoient consolidés d'un pouce et demi d'épaisseur sous la même face; et enfin que les morceaux du n° 1 s'étoient consolidés jusqu'à 2 pouces 3 lignes sous cette même face supérieure.

Les épaisseurs consolidées sont donc 6, 9, 12, 18, 27 lignes, et les temps employés à cette consolidation sont 1 ½, 2 ou 2 ¼, 3, 4 ½, 7 minutes, ce qui fait à très peu près le quart numérique des épaisseurs. Ainsi les temps nécessaires pour consolider le métal fluide sont précisément en même raison que celle de leur épaisseur : en sorte que si nous supposons un globe isolé de toutes parts, dont la surface aura pris sa consistance en un temps donné, par exemple en 3 minutes, il faudra 1 minute ½ de plus pour le consolider à 6 lignes de profondeur; 2 minutes ¼ pour le consolider à 9 lignes, 3 minutes pour le consolider à 12 lignes, 4 minutes pour le consolider à 18 lignes, et 7 minutes pour le consolider à 27 ou 28 lignes de profondeur; et par conséquent 36 minutes pour le consolider à 10 pieds de profondeur, etc.

SUR LE VERRE.

Ayant fait couler du laitier dans des moules très voisins du fourneau, à environ 2 pieds de l'ouverture calculée, j'ai reconnu, par plusieurs essais, que la surface de ces morceaux de laitier prend sa consistance en moins de temps que la fonte de fer; et que l'intérieur se consolidoit aussi beaucoup plus vite : mais je n'ai pu déterminer, comme je l'ai fait sur le fer, les temps nécessaires pour consolider l'intérieur du verre à différentes épaisseurs; je ne sais même si l'on en viendroit à bout dans un fourneau de verrerie où l'on auroit le verre en masses fort épaisses : tout ce que je puis assurer, c'est que la consolidation du verre, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, est à peu près trois fois plus prompte que celle de la fonte du fer. Et en même temps que le premier coup de l'air condense la surface du verre liquide et lui donne une sorte de consistance solide, il la divise et la fêle en une infinité de petites parties, en sorte que le verre saisi par l'air frais ne prend pas une solidité réelle, et qu'il se brise au moindre choc; au lieu qu'en le laissant recuire dans un four très chaud il acquiert peu à peu la solidité que nous lui connaissons. Il paroît donc bien difficile de déterminer par l'expérience les rapports du temps

qu'il faut pour consolider le verre à différentes épaisseurs au-dessous de sa surface. Je crois seulement qu'on peut, sans se tromper, prendre le même rapport pour la consolidation que celui du refroidissement du verre au refroidissement du fer, lequel rapport est de 132 à 236 par les expériences du second Mémoire, tome II, page 300.

VII. Ayant déterminé, par les expériences précédentes, les temps nécessaires pour la consolidation du fer en fusion, tant à sa surface qu'aux différentes profondeurs de son intérieur, j'ai cherché à reconnoître, par des observations exactes, quelle étoit la durée de l'incandescence dans cette même matière.

1. Un renard, c'est-à-dire une loupe détachée de la gueuse par le feu de la chaufferie, et prête à être portée sous le marteau, a été mise dans un lieu dont l'obscurité était égale à celle de la nuit quand le ciel est couvert : cette loupe, qui étoit fort enflammée, n'a cessé de donner de la flamme qu'au bout de 24 minutes; d'abord la flamme étoit blanche, ensuite rouge et bleuâtre sur la fin : elle ne paroissoit plus alors qu'à la partie inférieure de la loupe qui touchoit la terre, et ne se montroit que par ondulations ou par reprises, comme celle d'une chandelle qui s'éteint. Ainsi la première incandescence, accompagnée de flamme, a duré 24 minutes; ensuite la loupe, qui étoit encore bien rouge, a perdu cette couleur peu à peu, et a cessé de paroître rouge au bout de 74 minutes, non compris les 24 premières, ce qui fait en tout 98 minutes : mais il n'y avoit que les surfaces supérieure et latérale qui avoient absolument perdu leur couleur rouge; la surface inférieure, qui touchoit à la terre, l'étoit encore aussi bien que l'intérieur de la loupe. Je commençai alors, c'est-à-dire au bout de 98 minutes, à laisser tomber quelques grains de poudre à tirer sur la surface supérieure; ils s'enflammèrent avec explosion. On continuoit de jeter de temps en temps de la poudre sur la loupe, et ce ne fut qu'au bout de 42 minutes de plus qu'elle cessa de faire explosion : à 43, 44 et 45 minutes, la poudre se fondoit et fusoit sans explosion, en donnant seulement une

petite flamme bleue. De là je crus devoir conclure que l'incandescense à l'intérieur de la loupe n'avoit fini qu'alors, c'est-à-dire 42 minutes après celle de la surface, et qu'en tout elle avoit duré 140 minutes.

Cette loupe étoit de figure à peu près ovale et aplatie sur deux faces parallèles; son grand diamètre étoit de 13 pouces et le petit de 8 pouces: elle avoit aussi, à très peu près, 8 pouces d'épaisseur partout, et elle pesoit 91 livres 4 onces après avoir été refroidie.

2. Un autre renard, mais plus petit que le premier, tout aussi blanc de flamme et pétillant de feu, au lieu d'être porté sous le marteau, a été mis dans le même lieu obscur, où il n'a cessé de donner de la flamme qu'au bout de 22 minutes, ensuite il n'a perdu sa couleur rouge qu'après 43 minutes; ce qui fait 65 minutes pour la durée des deux états d'incandescence à la surface, sur laquelle ayant ensuite jeté des grains de poudre ils n'ont cessé de s'enflammer avec explosion qu'au bout de 40 minutes; ce qui fait en tout 105 minutes pour la durée de l'incandescence, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Cette loupe étoit à peu près circulaire, sur 9 pouces de diamètre, et elle avoit environ 6 pouces d'épaisseur partout; elle s'est trouvée du poids de 54 livres après son refroidissement.

J'ai observé que la flamme et la couleur rouge suivent la même marche dans leur dégradation; elles commencent par disparoître à la surface supérieure de la loupe, tandis qu'elles durent encore aux surfaces latérales, et continuent de paroître assez long-temps autour de la surface inférieure, qui, étant constamment appliquée sur la terre, se refroidit plus lentement que les autres surfaces qui sont exposées à l'air.

3. Un troisième renard, tiré du feu très blanc, brûlant et pétillant d'étincelle et de flamme, ayant été porté dans cet état sous le marteau, n'a conservé cette incandescence enflammée que 6 minutes; les coups précipités dont il a été frappé pendant ces 6 minutes, ayant comprimé la matière, en ont en même temps réprimé la flamme, qui auroit subsisté plus long-temps sans cette opération, par laquelle on en a fait une

pièce de fer de 12 pouces ½ de longueur sur 4 pouces en carré, qui s'est trouvée peser 48 livres 4 onces après avoir été refroidie. Mais, ayant mis auparavant cette pièce encore toute rouge dans le même lieu obscur, elle n'a cessé de paroître rouge à sa surface qu'au bout de 46 minutes, y compris les 6 premières. Ayant ensuite fait l'épreuve avec la poudre à tirer, qui n'a cessé de s'enflammer avec explosion que 26 minutes après les 46, il en résulte que l'incandescence intérieure et totale a duré 72 minutes.

En comparant ensemble ces trois expériences, on peut conclure que la durée de l'incandescence totale est comme celle de la prise de consistance proportionnelle à l'épaisseur de la matière : car la première loupe, qui avoit 8 pouces d'épaisseur, a conservé son incandescence pendant 140 minutes; la seconde, qui avoit 6 pouces d'épaisseur, l'a conservée pendant 105 minutes; et la troisième, qui n'avoit que 4 pouces, ne l'a conservée que pendant 72 minutes. Or 105 : 140 : : 6 : 8, et de même, 72 : 140 à peu près : : 4 : 8, en sorte qu'il paroît y avoir même rapport entre les temps qu'entre les épaisseurs.

4. Pour m'assurer encore mieux de ce fait important, j'ai cru devoir répéter l'expérience sur une loupe prise, comme la précédente, au sortir de la chaufferie. On l'a portée tout enflammée sous le marteau; la flamme a cessé au bout de 6 minutes, et, dans ce moment, on a cessé de la battre; on l'a mise tout de suite dans le même lieu obscur; le rouge n'a cessé qu'au bout de 39 minutes; ce qui donne 45 minutes pour les deux états d'incandescence à la surface : ensuite la poudre n'a cessé de s'enflammer avec explosion qu'au bout de 28 minutes; ainsi l'incandescence intérieure et totale a duré 73 minutes. Or cette pièce avoit, comme la précédente, 4 pouces juste d'épaisseur sur deux faces en carré, et 10 pouces ¼ de longueur; elle pesoit 39 livres 4 onces après avoir été refroidie.

Cette dernière expérience s'accorde si parfaitement avec celle qui la précède et avec les deux autres, qu'on ne peut pas douter qu'en général la durée de l'incandescence ne soit à très peu près proportionnelle à l'épaisseur de la masse, et que par

conséquent ce grand degré de feu ne suive la même loi que celle de la chaleur médiocre ; en sorte que, dans des globes de même matière, la chaleur ou le feu du plus haut degré, pendant tout le temps de l'incandescence, s'y conservent et y durent précisément en raison de leur diamètre. Cette vérité, que je voulois acquérir et démontrer par le fait, semble nous indiquer que les causes cachées (*causæ latentes*) de Newton, desquelles j'ai parlé dans le premier de ces Mémoires, ne s'opposent que très peu à la sortie du feu, puisqu'elle se fait de la même manière que si les corps étoient entièrement et parfaitement perméables, et que rien ne s'opposât à son issue. Cependant on seroit porté à croire que plus la même matière est comprimée, plus elle doit retenir de temps le feu ; en sorte que la durée de l'incandescence devoit être alors en plus grande raison que celle des épaisseurs ou des diamètres. J'ai donc essayé de reconnoître cette différence par l'expérience suivante.

5. J'ai fait forger une masse cubique de fer, de 5 pouces 9 lignes de toutes faces ; elle a subi trois chaudes successives, et, l'ayant laissée refroidir, son poids s'est trouvé de 48 livres 9 onces. Après l'avoir pesée, on l'a mise de nouveau au feu de l'affinerie, où elle n'a été chauffée que jusqu'au rouge couleur de feu, parce qu'alors elle commençoit à donner un peu de flamme, et qu'en la laissant au feu plus long-temps, le fer auroit brûlé. De là on l'a transportée tout de suite dans le même lieu obscur, où j'ai vu qu'elle ne donnoit aucune flamme ; néanmoins elle n'a cessé de paroître rouge qu'au bout de 52 minutes, et la poudre n'a cessé de s'enflammer à sa surface avec explosion que 43 minutes après : ainsi l'incandescence totale a duré 95 minutes. On a pesé cette masse une seconde fois après son entier refroidissement ; elle s'est trouvée peser 48 livres 1 once : ainsi elle avoit perdu au feu 8 onces de son poids, et elle en auroit perdu davantage si on l'eût chauffée jusqu'au blanc.

En comparant cette expérience avec les autres, on voit que l'épaisseur de la masse étant de 5 pouces $\frac{3}{4}$, l'incandescence totale a duré 95 minutes dans cette pièce de fer, comprimée

autant qu'il est possible, et que dans les premières masses, qui n'avoient point été comprimées par le marteau, l'épaisseur étant de 6 pouces, l'incandescence a duré 105 minutes, et l'épaisseur étant de 8 pouces, elle a duré 140 minutes. Or 140 : 8 ou 105 : 6 :: 95 : 5 $\frac{9}{21}$, au lieu que l'expérience nous donne 5 $\frac{3}{4}$. Les causes cachées, dont la principale est la compression de la matière, et les obstacles qui en résultent pour l'issue de la chaleur, semblent donc produire cette différence de 5 $\frac{3}{4}$ à 5 $\frac{9}{21}$; ce qui fait $\frac{27}{84}$, ou un peu plus d'un tiers sur $\frac{3}{15}$, c'est-à-dire environ $\frac{1}{17}$ sur le tout: en sorte que le fer bien battu, bien *sué*, bien comprimé, ne perd son incandescence qu'en 17 de temps, tandis que le même fer qui n'a point été comprimé la perd en 16 du même temps. Et ceci paroît se confirmer par les expériences 3 et 4, où les masses de fer ayant été comprimées par une seule volée de coups de marteau, n'ont perdu leur incandescence qu'au bout de 72 et 73 minutes, au lieu de 70 qu'a duré celle des loupes non comprimées; ce qui fait 2 $\frac{1}{2}$ sur 70, ou $\frac{5}{140}$ ou $\frac{1}{28}$ de différence produite par cette première compression. Ainsi l'on ne doit pas être étonné que la seconde et la troisième compression qu'a subies la masse de fer de la cinquième expérience, qui a été battue par trois volées de coups de marteau, aient produit $\frac{1}{16}$ au lieu de $\frac{1}{28}$ de différence dans la durée de l'incandescence. On peut donc assurer en général que la plus forte compression qu'on puisse donner à la matière pénétrée de feu autant qu'elle peut l'être, ne diminue que d'une seizième partie la durée de son incandescence, et que, dans la matière qui ne reçoit pas de compression extérieure, cette durée est précisément en même raison que son épaisseur.

Maintenant, pour appliquer au globe de la terre le résultat de ces expériences, nous considérerons qu'il n'a pu prendre sa forme élevée sous l'équateur, et abaissée sous les pôles, qu'en vertu de la force centrifuge combinée avec celle de la pesanteur; que par conséquent il a dû tourner sur son axe pendant un petit temps, avant que sa surface ait pris sa consistance, et qu'ensuite la matière intérieure s'est consolidée dans les

mêmes rapports de temps indiqués par nos expériences; en sorte qu'en partant de la supposition d'un jour au moins pour le petit temps nécessaire à la prise de consistance à sa surface, et en admettant, comme nos expériences l'indiquent, un temps de 3 minutes pour en consolider la matière intérieure à un pouce de profondeur, il se trouvera 36 minutes pour un pied, 216 minutes pour une toise, 342 jours pour une lieue, et 490,086 jours, ou environ 1342 ans, pour qu'un globe de fonte de fer qui auroit, comme celui de la terre, 1432 lieues $\frac{1}{2}$ de diamètre, eût pris sa consistance jusqu'au centre.

La supposition que je fais ici d'un jour de rotation pour que le globe terrestre ait pu s'élever régulièrement sous l'équateur, et s'abaisser sous les pôles, avant que sa surface fût consolidée, me paroît plutôt trop foible que trop forte; car il a peut-être fallu un grand nombre de révolutions de vingt-quatre heures chacune sur son axe pour que la matière fluide se soit solidement établie, et l'on voit bien que, dans ce cas, le temps nécessaire pour la prise de consistance de la matière au centre se trouvera plus grand. Pour le réduire autant qu'il est possible, nous n'avons fait aucune attention à l'effet de la force centrifuge qui s'oppose à celui de la réunion des parties, c'est-à-dire à la prise de consistance de la matière en fusion. Nous avons supposé encore, dans la même vue de diminuer le temps, que l'atmosphère de la terre, alors tout en feu, n'étoit néanmoins pas plus chaude que celle de mon fourneau à quelques pieds de distance où se sont faites les expériences; et c'est en conséquence de ces deux suppositions trop gratuites que nous ne trouvons que 1342 ans pour le temps employé à la consolidation du globe jusqu'au centre. Mais il me paroît certain que cette estimation du temps est de beaucoup trop foible, par l'observation constante que j'ai faite sur la prise de consistance des gueuses à la tête et à la queue; car il faut trois fois autant de temps et plus pour que la partie de la gueuse qui est à 18 pieds du fourneau prenne consistance, c'est-à-dire que si la surface de la tête de la gueuse, qui est à 18 pieds du fourneau, prend consistance en 1 minute $\frac{1}{2}$, celle de la queue,

qui n'est qu'à 2 pieds du fourneau, ne prend consistance qu'en 4 minutes ½ ou 5 minutes; en sorte que la chaleur plus grande de l'air contribue prodigieusement au maintien de la fluidité; et l'on conviendra sans peine avec moi que, dans ce premier temps de liquéfaction du globe de la terre, la chaleur de l'atmosphère de vapeurs qui l'environnoit étoit plus grande que celle de l'air à 2 pieds de distance du feu de mon fourneau, et que par conséquent il a fallu beaucoup plus de temps pour consolider le globe jusqu'au centre. Or nous avons démontré, par les expériences du premier Mémoire, qu'un globe de fer gros comme la terre, pénétré de feu seulement jusqu'au rouge, seroit plus de 96,670 ans à se refroidir, auxquels ajoutant 2 ou 3000 ans pour le temps de sa consolidation jusqu'au centre, il résulte qu'en tout il faudroit environ 100,000 ans pour refroidir au point de la température actuelle un globe de fer gros comme la terre, sans compter la durée du premier état de liquéfaction; ce qui recule encore les limites du temps, qui semble fuir et s'étendre à mesure que nous cherchons à le saisir. Mais tout ceci sera plus amplement discuté et déterminé plus précisément dans les Mémoires suivants.

NEUVIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la fusion des mines de fer.

Je ne pourrai guère mettre d'autre liaison entre ces mémoires, ni d'autre ordre entre mes différentes expériences, que celui du temps ou plutôt de la succession de mes idées. Comme je ne me trouvois pas assez instruit dans la connoissance des minéraux, que je n'étois pas satisfait de ce qu'on en dit dans les livres, que j'avois bien de la peine à entendre ceux qui traitent de la chimie, où je voyois d'ailleurs des principes précaires, toutes les expériences faites en petit et toujours expliquées dans l'esprit d'une même méthode, j'ai voulu travailler

par moi-même; et consultant plutôt mes désirs que ma force, j'ai commencé par faire établir, sous mes yeux, des forges et des fourneaux en grand, que je n'ai pas cessé d'exercer continuellement depuis sept ans.

Le petit nombre d'auteurs qui ont écrit sur les mines de fer ne donnent, pour ainsi dire, qu'une nomenclature assez inutile, et ne parlent point des différents traitements de chacune de ces mines. Ils comprennent dans les mines de fer l'aimant, l'émeril, l'hématite, etc., qui sont en effet des minéraux ferrugineux en partie, mais qu'on ne doit pas regarder comme de vraies mines de fer, propres à être fondues et converties en ce métal; nous ne parlerons ici que de celles dont on doit faire usage, et on peut les réduire à deux espèces principales.

La première est la mine en roche, c'est-à-dire en masses dures, solides et compactes, qu'on ne peut tirer et séparer qu'à force de coins, de marteaux et de masses, et qu'on pourroit appeler *pierre de fer*. Ces mines ou roches de fer se trouvent en Suède, en Allemagne, dans les Alpes, dans les Pyrénées, et généralement dans la plupart des hautes montagnes de la terre, mais en bien plus grande quantité vers le Nord que du côté du Midi. Celles de Suède sont de couleur de fer pour la plupart, et paroissent être du fer presque à demi préparé par la nature: il y en a aussi de couleur brune, rouge ou jaunâtre; il y en a même de toutes blanches à Allevard en Dauphiné, ainsi que d'autres couleurs; ces dernières mines semblent être composées comme du spath, et on ne reconnoît qu'à leur pesanteur, plus grande que celle des autres spaths, qu'elles contiennent une grande quantité de métal. On peut aussi s'en assurer en les mettant au feu; car de quelque couleur qu'elles soient, blanches, grises, jaunes, rousses, verdâtres, bleuâtres, violettes, ou rouges, toutes deviennent noires à une légère calcination. Les mines de Suède, qui, comme je l'ai dit, semblent être de la pierre de fer, sont attirées par l'aimant; il en est de même de la plupart des autres mines en roche, et généralement de toute matière ferrugineuse qui a subi l'action du feu. Les mines de fer en grains, qui ne sont point du tout ma-

gnétiques, le deviennent lorsqu'on les fait griller au feu : ainsi les mines de fer en roches et en grandes masses étant magnétiques doivent leur origine à l'élément du feu. Celles de Suède, qui ont été les mieux observées, sont très étendues et très profondes ; les filons sont perpendiculaires, toujours épais de plusieurs pieds, et quelquefois de quelques toises ; on les travaille comme on travailleroit de la pierre très dure dans une carrière. On y trouve souvent de l'asbeste, ce qui prouve encore que ces mines ont été formées par le feu.

Les mines de la seconde espèce ont, au contraire, été formées par l'eau, tant du détriment des premières que de toutes les particules de fer que les végétaux et les animaux rendent à la terre par la décomposition de leur substance : ces mines formées par l'eau sont le plus ordinairement en grains arrondis, plus ou moins gros, mais dont aucun n'est attirable par l'aimant avant d'avoir subi l'action du feu, ou plutôt celle de l'air par le moyen du feu ; car, ayant fait griller plusieurs de ces mines dans des vaisseaux ouverts, elles sont toutes devenues très attirables à l'aimant, au lieu que dans les vaisseaux clos, quoique chauffées à un plus grand feu et pendant plus de temps, elles n'avoient point du tout acquis la vertu magnétique.

On pourroit ajouter à ces mines en grains formées par l'eau une seconde espèce de mines souvent plus pure, mais bien plus rare, qui se forme également par l'eau : ce sont les mines de fer cristallisées. Mais comme je n'ai pas été à portée de traiter par moi-même les mines de fer en roche produites par le feu, non plus que les mines de fer cristallisées par l'eau, je ne parlerai que de la fusion des mines en grains, d'autant que ces dernières mines sont celles qu'on exploite le plus communément dans nos forges de France.

La première chose que j'ai trouvée, et qui me paroît être une découverte utile, c'est qu'avec une mine qui donnoit le plus mauvais fer de la province de Bourgogne, j'ai fait du fer aussi ductile, aussi nerveux, aussi ferme, que les fers du Berri, qui sont réputés les meilleurs de France. Voici comment j'y

suis parvenu : le chemin que j'ai tenu est bien plus long; mais personne, avant moi, n'ayant frayé la route, on ne sera pas étonné que j'aie fait du circuit.

J'ai pris le dernier jour d'un fondage, c'est-à-dire le jour où l'on alloit faire cesser le feu d'un fourneau à fondre la mine de fer, qui duroit depuis plus de quatre mois. Ce fourneau, d'environ 20 pieds de hauteur, et de cinq pieds et demi de largeur à sa cuve, étoit bien chauffé, et n'avoit été chargé que de cette mine, qui avoit la fausse réputation de ne pouvoir donner que des fontes très blanches, très cassantes, et par conséquent du fer à très gros grain, sans nerf et sans ductilité. Comme j'étois dans l'idée que la trop grande violence du feu ne peut qu'aigrir le fer, j'employai ma méthode ordinaire, et que j'ai suivie constamment dans toutes mes recherches sur la nature, qui consiste à voir les extrêmes avant de considérer les milieux : je fis donc, non pas ralentir, mais enlever les soufflets; et ayant fait en même temps découvrir le toit de la halle, je substituai aux soufflets un ventilateur simple, qui n'étoit qu'un cône creux, de 24 pieds de longeur sur 4 pieds de diamètre au gros bout, et trois pouces seulement à sa pointe, sur laquelle on adapta une buse de fer, et qu'on plaça dans le trou de la tuyère; en même temps on continuoit à charger de charbon et de mine, comme si l'on eût voulu continuer à couler : les charges descendoient bien plus lentement, parce que le feu n'étoit plus animé par le vent des soufflets; il l'étoit seulement par un courant d'air que le ventilateur tiroit d'en haut, et qui, étant plus frais et plus dense que celui du voisinage de la tuyère. arrivoit avec assez de vitesse pour produire un murmure constant dans l'intérieur du fourneau. Lorsque j'eus fait charger environ deux milliers de charbon, et quatre milliers de mine, je fis discontinuer, pour ne pas trop embarrasser le fourneau; et le ventilateur étant toujours à la tuyère, je laissai baisser les charbons et la mine sans remplir le vide qu'ils laissoient au-dessus. Au bout de quinze ou seize heures, il se forma de petites loupes, dont on tira quelques-unes par le trou de la tuyère, et quelques autres par l'ouverture de la coulée : le feu dura

quatre jours de plus, avant que le charbon fût entièrement consumé; et, dans cet intervalle de temps, on tira des loupes plus grosses que les premières; et, après les quatre jours, on en trouva de plus grosses encore en vidant le fourneau.

Après avoir examiné ces loupes, qui me parurent être d'une très bonne étoffe, et dont la plupart portoient à leur circonférence un grain fin et tout semblable à celui de l'acier, je les fis mettre au feu de l'affinerie et porter sous le marteau : elles en soutinrent le coup sans se diviser, sans s'éparpiller en étincelles, sans donner une grande flamme, sans laisser couler beaucoup de laitier; choses qui toutes arrivent lorsqu'on forge du mauvais fer. On les forgea à la manière ordinaire: les barres qui en provenoient n'étoient pas toutes de la même qualité; les unes étoient de fer, les autres d'acier, et le plus grand nombre de fer par un bout ou par un côté, et d'acier par l'autre. J'en ai fait faire des poinçons et des ciseaux, par des ouvriers qui trouvèrent cet acier aussi bon que celui d'Allemagne. Les barres qui n'étoient que de fer étoient si fermes, qu'il fut impossible de les rompre avec la masse, et qu'il fallut employer le ciseau d'acier pour les entamer profondément des deux côtés avant de pouvoir les rompre; ce fer étoit tout nerf, et ne pouvoit se séparer qu'en se déchirant par le plus grand effort. En le comparant au fer que donne cette même mine fondue en gueuse à la manière ordinaire, on ne pouvait se persuader qu'il provenoit de la même mine, dont on n'avoit jamais tiré que du fer à gros grain, sans nerf et très cassant.

La quantité de mine que j'avois employée dans cette expérience auroit dû produire au moins 1200 livres de fonte, c'est-à-dire environ 800 livres de fer, si elle eût été fondue par la méthode ordinaire, et je n'avois obtenu que 280 livres, tant d'acier que de fer, de toutes les loupes que j'avois réunies; et en supposant un déchet de moitié du mauvais fer au bon, et de trois quarts de mauvais fer à l'acier, je voyois que ce produit ne pouvoit équivaloir qu'à 500 livres de mauvais fer, et que, par conséquent, il y avoit eu plus du quart de mes quatre milliers de mine qui s'étoit consumé en pure perte,

et en même temps près du tiers du charbon brûlé sans produit.

Ces expériences étant donc excessivement chères, et voulant néanmoins les suivre, je pris le parti de faire construire deux fourneaux plus petits, tous deux cependant de 14 pieds de hauteur, mais dont la capacité intérieure du second étoit d'un tiers plus petite que celle du premier. Il falloit, pour charger et remplir en entier mon grand fourneau de fusion, 135 corbeilles de charbon de 40 livres chacune, c'est-à-dire 5400 livres de charbon, au lieu que, dans mes petits fourneaux, il ne falloit que 900 livres de charbon pour remplir le premier, et 600 livres pour remplir le second; ce qui diminuoit considérablement les trop grands frais de ces expériences. Je fis adosser ces fourneaux l'un à l'autre, afin qu'ils pussent profiter de leur chaleur mutuelle: ils étoient séparés par un mur de 3 pieds, et environnés d'un autre mur de 4 pieds d'épaisseur; le tout bâti en bon moellon, et de la même pierre calcaire dont on se sert dans le pays pour faire les étalages des grands fourneaux. La forme de la cavité de ces petits fourneaux étoit pyramidale sur une base carrée, s'élevant d'abord perpendiculairement à 3 pieds de hauteur, et ensuite s'inclinant en dedans sur le reste de leur élévation, qui étoit de 11 pieds: de sorte que l'ouverture supérieure se trouvoit réduite à 14 pouces au plus grand fourneau, et 11 pouces au plus petit. Je ne laissai dans le bas qu'une seule ouverture à chacun de mes fourneaux; elle étoit surbaissée en forme de voûte ou de lunette, dont le sommet ne s'élevoit qu'à 2 pieds $\frac{1}{2}$ dans la partie intérieure, et à 4 pieds en dehors; je faisois remplir cette ouverture par un petit mur de briques, dans lequel on laissoit un trou de quelques pouces en bas pour écouler le laitier, et un autre trou à 1 pied $\frac{1}{2}$ de hauteur pour pomper l'air. Je ne donne point ici la figure de ces fourneaux, parce qu'ils n'ont pas assez bien réussi pour que je prétende les donner pour modèles, et que d'ailleurs j'y ai fait et j'y fais encore des changements essentiels, à mesure que l'expérience m'apprend quelque chose de nouveau. D'ailleurs ce que je viens de dire suffit pour en donner une idée, et aussi pour l'intelligence de ce qui suit.

Ces fourneaux étoient placés de manière que leur face antérieure, dans laquelle étoient les ouvertures en lunette, se trouvoit parallèle au courant d'eau qui fait mouvoir les roues des soufflets de mon grand fourneau et de mes affineries, en sorte que le grand entonnoir ou ventilateur dont j'ai parlé pouvoit être posé de manière qu'il recevoit sans cesse un air frais par le mouvement des roues; il portoit cet air au fourneau auquel il aboutissoit par sa pointe, qui étoit une buse ou tuyau de fer de forme conique, et d'un pouce et demi de diamètre à son extrémité. Je fis faire en même temps deux tuyaux d'aspiration, l'un de 10 pieds de longueur sur 14 pouces de largeur pour le plus grand de mes petits fourneaux, et l'autre de 7 pieds de longueur et de 11 pouces de côté pour le plus petit. Je fis ces tuyaux d'aspiration carrés, parce que les ouvertures du dessus des fourneaux étoient carrées, et que c'étoit sur ces ouvertures qu'il falloit les poser; et quoique ces tuyaux fussent faits d'une tôle assez légère, sur un châssis de fer mince, ils ne laissoient pas d'être pesants, et même embarrassants par leur volume, surtout quand ils étoient fort échauffés; quatre hommes avoient assez de peine pour les placer et les replacer; ce qui cependant étoit nécessaire toutes les fois qu'il falloit charger les fourneaux.

J'y ai fait dix-sept expériences, dont chacune duroit ordinairement deux ou trois jours et deux ou trois nuits. Je n'en donnerai pas le détail, non-seulement parce qu'il seroit fort ennuyeux, mais même assez inutile, attendu que je n'ai pu parvenir à une méthode fixe, tant pour conduire le feu que pour le forcer à donner toujours le même produit. Je dois donc me borner aux simples résultats de ces expériences qui m'ont démontré plusieurs vérités que je crois très utiles.

La première, c'est que l'on peut faire de l'acier de la meilleure qualité sans employer du fer comme on le fait communément, mais seulement en faisant fondre la mine à un feu long et gradué. De mes dix-sept expériences, il y en a eu six où j'ai eu de l'acier bon et médiocre, sept où je n'ai eu que du fer, tantôt très bon, et tantôt mauvais, et quatre où j'ai eu une petite

quantité de fonte et du fer environné d'excellent acier. On ne manquera pas de me dire : Donnez-nous donc au moins le détail de celles qui vous ont produit du bon acier. Ma réponse est aussi simple que vraie : c'est qu'en suivant les mêmes procédés aussi exactement qu'il m'étoit possible, en chargeant de la même façon, mettant la même quantité de mine et de charbon, ôtant et mettant le ventilateur et les tuyaux d'aspiration pendant un temps égal, je n'en ai pas moins eu des résultats tout différents. La seconde expérience me donna de l'acier par les mêmes procédés que la première, qui ne m'avoit produit que du fer d'une qualité assez médiocre; la troisième, par les mêmes procédés, m'a donné de très bon fer; et quand après cela j'ai voulu varier la suite de mes procédés et changer quelque chose à mes fourneaux, le produit en a peut-être moins varié par ces grands changements qu'il n'avoit fait par le seul caprice du feu, dont les effets et la conduite sont si difficiles à suivre, qu'on ne peut les saisir ni même les deviner qu'après une infinité d'épreuves et de tentatives qui ne sont pas toujours heureuses. Je dois donc me borner à dire ce que j'ai fait, sans anticiper sur ce que des artistes plus habiles pourront faire; car il est certain qu'on parviendra à une méthode sûre de tirer de l'acier de toute mine de fer sans la faire couler en gueuses et sans convertir la fonte en fer.

C'est ici la seconde vérité, aussi utile que la première. J'ai employé trois différentes sortes de mines dans ces expériences; j'ai cherché, avant de les employer, le moyen d'en bien connoître la nature. Ces trois espèces de mines étoient, à la vérité, toutes les trois en grains plus ou moins fins; je n'étois pas à portée d'en avoir d'autres, c'est-à-dire des mines en roche, en assez grande quantité pour faire mes expériences : mais je suis bien convaincu, après avoir fait les épreuves de mes trois différentes mines en grains, et qui toutes trois m'ont donné de l'acier sans fusion précédente, que les mines en roche, et toutes les mines de fer en général, pourroient donner également de l'acier en les traitant comme j'ai traité les mines en grains. Dès-lors il faut donc bannir de nos idées le préjugé si ancien-

nement, si universellement reçu, que *la qualité du fer dépend de celle de la mine.* Rien n'est plus mal fondé que cette opinion; c'est au contraire uniquement de la conduite du feu et de la manipulation de la mine que dépend la bonne ou la mauvaise qualité de la fonte du fer et de l'acier. Il faut encore bannir un autre préjugé, c'est qu'*on ne peut avoir de l'acier qu'en le tirant du fer;* tandis qu'il est très possible au contraire d'en tirer immédiatement de toutes sortes de mines. On rejettera donc en conséquence les idées de M. Yonge et de quelques autres chimistes qui ont imaginé qu'il y avoit des mines qui avoient la qualité particulière de pouvoir donner de l'acier à l'exclusion de toutes les autres.

Une troisième vérité que j'ai recueillie de mes expériences, c'est que toutes nos mines de fer en grains, telles que celles de Bourgogne, de Champagne, de Franche-Comté, de Lorraine, du Nivernois, de l'Angoumois, etc., c'est-à-dire presque toutes les mines dont on fait nos fers en France, ne contiennent point de soufre comme les mines en roche de Suède ou d'Allemagne, et que par conséquent elles n'ont pas besoin d'être grillées, ni traitées de la même manière. Le préjugé du soufre contenu en grande quantité dans les mines de fer nous est venu des métallurgistes du Nord, qui, ne connaissant que leur mine en roche que l'on tire de la terre à de grandes profondeurs, comme nous tirons des pierres d'une carrière, ont imaginé que toutes les mines de fer étoient de la même nature, et contenoient, comme elles, une grande quantité de soufre; et, comme les expériences sur les mines de fer sont très difficiles à faire, nos chimistes s'en sont rapportés aux métallurgistes du Nord, et ont écrit, comme eux, qu'il y avoit beaucoup de soufre dans nos mines de fer, tandis que toutes les mines en grains que je viens de citer n'en contiennent point du tout, ou si peu, qu'on n'en sent pas l'odeur, de quelque façon qu'on les brûle. Les mines en roche ou en pierre dont j'ai fait venir des échantillons de Suède et d'Allemagne, répandent au contraire une forte odeur de soufre lorsqu'on les fait griller, et en contiennent réellement une très grande quan-

tité, dont il faut les dépouiller avant de les mettre au fourneau pour les fondre.

Et de là suit une quatrième vérité tout aussi intéressante que les autres : c'est que nos mines en grains valent mieux que ces mines en roche tant vantées, et que si nous ne faisons pas du fer aussi bon ou meilleur que celui de Suède, c'est purement notre faute, et point du tout celle de nos mines, qui toutes nous donneroient des fers de la première qualité, si nous les traitions avec le même soin que prennent les étrangers pour arriver à ce but; il nous est même plus aisé de l'atteindre, nos mines ne demandant pas, à beaucoup près, autant de travaux que les leurs. Voyez dans Swedenborg le détail de ces travaux : la seule extraction de la plupart de ces mines en roche qu'il faut aller arracher dans le sein de la terre, à 3 ou 400 pieds de profondeur, casser à coups de marteaux, de masses ou de leviers, enlever ensuite par des machines jusqu'à la hauteur de terre, doit coûter beaucoup plus que le tirage de nos mines en grains, qui se fait, pour ainsi dire, à fleur de terrain, et sans autres instruments que la pioche et la pelle. Ce premier avantage n'est pas encore le plus grand; car il faut reprendre ces quartiers, ces morceaux de pierres de fer, les porter sous les maillets d'un bocard pour les concasser, les broyer et les réduire au même état de division où nos mines en grains se trouvent naturellement; et comme cette mine concassée contient une grande quantité de soufre, elle ne produiroit que de très mauvais fer, si on ne prenoit la précaution de lui enlever la plus grande partie de ce soufre surabondant, avant de la jeter au fourneau. On la répand à cet effet sur des bûchers d'une vaste étendue, où elle se grille pendant quelques semaines. Cette consommation très considérable de bois, jointe à la difficulté de l'extraction de la mine, rendroit la chose impraticable en France à cause de la cherté des bois. Nos mines heureusement n'ont pas besoin d'être grillées, et il suffit de les laver pour les séparer de la terre avec laquelle elles sont mêlées; la plupart se trouvent à quelques pieds de profondeur : l'exploitation de nos mines se fait donc à beaucoup

moins de frais, et cependant nous ne profitons pas de tous ces avantages, ou du moins nous n'en avons pas profité jusqu'ici, puisque les étrangers nous apportent leurs fers qui leur coûtent tant de peines, et que nous les achetons de préférence aux nôtres, sur la réputation qu'ils ont d'être de meilleure qualité.

Ceci tient à une cinquième vérité, qui est plus morale que physique : c'est qu'il est plus aisé, plus sûr, et plus profitable de faire, surtout en ce genre, de la mauvaise marchandise que de la bonne. Il est bien plus commode de suivre la routine qu'on trouve établie dans les forges, que de chercher à en perfectionner l'art. Pourquoi vouloir faire du bon fer? disent la plupart des maîtres de forge; on ne le vendra pas une pistole au-dessus du fer commun, et il nous reviendra peut-être à trois ou quatre de plus, sans compter les risques et les frais des expériences et des essais, qui ne réussissent pas tous à beaucoup près. Malheureusement cela n'est que trop vrai; nous ne profiterons jamais de l'avantage naturel de nos mines, ni même de notre intelligence, qui vaut bien celle des étrangers, tant que le gouvernement ne donnera pas à cet objet plus d'attention, tant qu'on ne favorisera pas le petit nombre des manufactures où l'on fait de bon fer, et qu'on permettra l'entrée des fers étrangers. Il me semble que l'on peut démontrer avec la dernière évidence le tort que cela fait aux arts et à l'état : mais je m'écarterois trop de mon sujet si j'entrois ici dans cette discussion.

Tout ce que je puis assurer comme une sixième vérité, c'est qu'avec toutes sortes de mines on peut toujours obtenir du fer de même qualité. J'ai fait brûler et fondre successivement dans mon plus grand fourneau, qui a 23 pieds de hauteur, sept espèces de mines différentes, tirées à deux, trois et quatre lieues de distance les unes des autres, dans des terrains tous différents, les unes en grains plus gros que des pois, les autres en grains gros comme des chevrotines, plomb à lièvre, et les autres plus menues que le plus petit plomb à tirer; et de ces sept différentes espèces de mines dont j'ai fait fondre plusieurs centaines de milliers, j'ai toujours eu le même fer.

Ce fer est bien connu, non-seulement dans la province de Bourgogne, où sont situées mes forges, mais même à Paris, où s'en fait le principal débit, et il est regardé comme de très bonne qualité. On seroit donc fondé à croire que j'ai toujours employé la même mine, qui, toujours traitée de la même façon, m'auroit constamment donné le même produit; tandis que, dans le vrai, j'ai usé de toutes les mines que j'ai pu découvrir, et que ce n'est qu'en vertu des précautions et des soins que j'ai pris de les traiter différemment, que je suis parvenu à en tirer un résultat semblable et un produit de même qualité. Voici les observations et les expériences que j'ai faites à ce sujet; elles seront utiles et même nécessaires à tous ceux qui voudront connoître la qualité des mines qu'ils emploient.

Nos mines de fer en grains ne se trouvent jamais pures dans le sein de la terre; toutes sont mélangées d'une certaine quantité de terre qui peut se délayer dans l'eau, et d'un sable plus ou moins fin, qui, dans de certaines mines, est de nature calcaire, dans d'autres de nature vitrifiable, et quelquefois mêlé de l'une et de l'autre; je n'ai pas vu qu'il y eût aucun autre mélange dans les sept espèces de mines que j'ai traitées et fondues avec un égal succès. Pour reconnoître la quantité de terre qui doit se délayer dans l'eau, et que l'on peut espérer de séparer de la mine au lavage, il faut en peser une petite quantité dans l'état même où elle sort de la terre, la faire ensuite sécher, et mettre en compte le poids de l'eau qui se sera dissipée par le desséchement. On mettra cette terre séchée dans un vase que l'on remplira d'eau, et on la remuera; dès que l'eau sera jaune et bourbeuse, on la versera dans un autre vase plat pour en faire évaporer l'eau par le moyen du feu; après l'évaporation, on mettra à part le résidu terreux. On réitèrera cette même manipulation jusqu'à ce que la mine ne colore plus l'eau qu'on verse dessus; ce qui n'arrive jamais qu'après un grand nombre de lotions. Alors on réunit ensemble tous ces résidus terreux, et on les pèse pour reconnoître leur quantité relative à celle de la mine.

Cette première partie du mélange de la mine étant connue

et son poids constaté, il restera les grains de mine et les sables que l'eau n'a pu délayer : si ces sables sont calcaires, il faudra les faire dissoudre à l'eau-forte, et on en reconnoîtra la quantité en les faisant précipiter après les avoir dissous; on les pèsera, et dès-lors on saura au juste combien la mine contient de terre, de sable calcaire et de fer en grains. Par exemple, la mine dont je me suis servi pour la première expérience de ce Mémoire contenoit par once un gros $\frac{1}{2}$ de terre délayée par l'eau, 1 gros 55 grains de sable dissous par l'eau-forte, 3 gros 66 grains de mine de fer, et il y a eu 59 grains de perdus dans les lotions et dissolutions. C'est M. Daubenton, de l'Académie des Sciences, qui a bien voulu faire cette expérience, à ma prière, et qui l'a faite avec toute l'exactitude qu'il apporte à tous les sujets qu'il traite.

Après cette épreuve, il faut examiner attentivement la mine dont on vient de séparer la terre et le sable calcaire, et tâcher de reconnoître, à la seule inspection, s'il ne se trouve pas encore, parmi les grains de fer, des particules d'autres matières que l'eau-forte n'auroit pu dissoudre, et qui par conséquent ne seroient pas calcaires. Dans celle dont je viens de parler, il n'y en avoit point du tout, et dès-lors j'étois assuré que sur une quantité de 576 livres de cette mine, il y avoit 282 parties de mine de fer, 127 de matière calcaire, et le reste de terre qui peut se délayer à l'eau. Cette connoissance une fois acquise, il sera aisé d'en tirer les procédés qu'il faut suivre pour faire fondre la mine avec avantage et avec certitude d'en obtenir du bon fer, comme nous le dirons dans la suite.

Dans les six autres espèces de mines que j'ai employées, il s'en est trouvé quatre dont le sable n'étoit point dissoluble à l'eau-forte, et dont par conséquent la nature n'étoit pas calcaire, mais vitrifiable; et les deux autres, qui étoient à plus gros grains de fer que les cinq premières, contenoient des graviers calcaires en assez petite quantité, et de petits cailloux arrondis, qui étoient de la nature de la calcédoine, et qui ressembloient par la forme aux chrysalides des fourmis : les ouvriers employés à l'extraction et au lavage des mines les

appeloient *œufs de fourmis*. Chacune de ces mines exige une suite de procédés différents pour les fondre avec avantage et pour en tirer du fer de même qualité.

Ces procédés, quoique assez simples, ne laissent pas d'exiger une grande attention; comme il s'agit de travailler sur des milliers de quintaux de mine, on est forcé de chercher tous les moyens et de prendre toutes les voies qui peuvent aller à l'économie : j'ai acquis sur cela de l'expérience à mes dépens, et je ne ferai pas mention des méthodes qui, quoique plus précises et meilleures que celles dont je vais parler, seroient trop dispendieuses pour pouvoir être mises en pratique. Comme je n'ai pas eu d'autre but dans mon travail que celui de l'utilité publique, j'ai tâché de réduire ces procédés à quelque chose d'assez simple pour pouvoir être entendu et exécuté par tous les maîtres de forges qui voudront faire du bon fer, mais néanmoins en les prévenant d'avance que ce bon fer leur coûtera plus que le fer commun qu'ils ont coutume de fabriquer, par la même raison que le pain blanc coûte plus que le pain bis; car il ne s'agit de même que de cribler, tirer et séparer le bon grain de toutes les matières hétérogènes dont il se trouve mélangé.

Je parlerai ailleurs de la recherche et de la découverte des mines : mais je suppose ici les mines toutes trouvées et tirées; je suppose aussi que par des épreuves semblables à celles que je viens d'indiquer on connoisse la nature des sables qui y sont mélangés. La première opération qu'il faut faire, c'est de les transporter aux lavoirs, qui doivent être d'une construction différente selon les différentes mines : celles qui sont en grains plus gros que les sables qu'elles contiennent doivent être lavées dans les lavoirs foncés de fer et percés de petits trous, comme ceux qu'a proposés M. Robert, et qui sont très bien imaginés, car ils servent en même temps de lavoirs et de cribles : l'eau emmène avec elle toute la terre qu'elle peut délayer, et les sablons plus menus que les grains de la mine passent en même temps par les petits trous dont le fond du lavoir est percé : et dans le cas où les sablons sont aussi gros, mais moins

durs que le grain de la mine, le râble de fer les écrase, et ils tombent avec l'eau au-dessous du lavoir; la mine reste nette et assez pure pour qu'on la puisse fondre avec économie. Mais ces mines, dont les grains sont plus gros et plus durs que ceux des sables ou petits cailloux qui y sont mélangés, sont assez rares. Des sept espèces de mines que j'ai eu occasion de traiter, il ne s'en est trouvé qu'une qui fût dans le cas d'être lavée à ce lavoir, que j'ai fait exécuter et qui a bien réussi; cette mine est celle qui ne contenoit que du sable calcaire, qui communément est moins dur que le grain de la mine. J'ai néanmoins observé que les râbles de fer, en frottant contre le fond du lavoir, qui est aussi de fer, ne laissoient pas d'écraser une assez grande quantité de grains de mine, qui, dès-lors, passoient avec le sable et tomboient en pure perte sous le lavoir; et je crois cette perte inévitable dans les lavoirs foncés de fer. D'ailleurs la quantité de castine que M. Robert étoit obligé de mêler à ses mines, et qu'il dit être d'un tiers de la mine, prouve qu'il restoit encore, après le lavage, une portion considérable de sablon vitrifiable, ou de terre vitrescible, dans ces mines ainsi lavées; car il n'auroit eu besoin que d'un sixième ou même d'un huitième de castine, si les mines eussent été plus épurées, c'est-à-dire plus dépouillées de la terre grasse ou du sable vitrifiable qu'elles contenoient.

Au reste, il n'étoit pas possible de se servir de ce même lavoir pour les autres six espèces de mines que j'ai eues à traiter; de ces six il y en avoit quatre qui se sont trouvées mêlées d'un sablon vitrescible aussi dur et même plus dur, et en même temps plus gros ou aussi gros que les grains de la mine. Pour épurer ces quatre espèces de mines, je me suis servi de lavoirs ordinaires et foncés de bois plein, avec un courant d'eau plus rapide qu'à l'ordinaire: on les passoit neuf fois de suite à l'eau; et à mesure que le courant vif de l'eau emportoit la terre et le sablon le plus léger et le plus petit, on faisoit passer la mine dans des cribles de fil de fer assez serrés pour retenir tous les petits cailloux plus gros que les grains de la mine. En lavant ainsi neuf fois et criblant trois fois, on parvenoit à ne laisser

dans ces mines qu'environ un cinquième ou un sixième de ces petits cailloux ou sablons vitrescibles, et c'étoient ceux qui, étant de la même grosseur que les grains de la mine, étoient aussi de la même pesanteur; en sorte qu'on ne pouvoit les séparer ni par le lavoir ni par le crible. Après cette première préparation, qui est tout ce qu'on peut faire par le moyen du lavoir et des cribles à l'eau, la mine étoit assez nette pour pouvoir être mise au fourneau; et comme elle étoit encore mélangée d'un cinquième ou d'un sixième de matières vitrescibles, on pouvoit la fondre avec un quart de castine ou matière calcaire, et en obtenir de très bon fer en ménageant les charges, c'est-à-dire en mettant moins de mine que l'on n'en met ordinairement : mais comme alors on ne fond pas à profit, parce qu'on use une grande quantité de charbon, il faut encore tâcher d'épurer sa mine avant de la jeter au fourneau. On ne pourra guère en venir à bout qu'en la faisant vanner et cribler à l'air, comme l'on vanne et crible le blé. J'ai séparé par ces moyens encore plus d'une moitié de matières hétérogènes qui restoient dans mes mines; et, quoique cette dernière opération soit longue et même assez difficile à exécuter en grand, j'ai reconnu, par l'épargne du charbon, qu'elle étoit profitable : il en coûtoit vingt sous pour vanner et cribler quinze cents pesant de mine; mais on épargnoit au fourneau trente-cinq sous de charbon pour la fondre. Je crois donc que quand cette pratique sera connue on ne manquera pas de l'adopter. La seule difficulté qu'on y trouvera, c'est de faire sécher assez les mines pour les faire passer au crible et les vanner avantageusement. Il y a très peu de matières qui retiennent l'humidité aussi long-temps que les mines de fer en grains[1] : une seule pluie les rend hu-

[1] Pour reconnoître la quantité d'humidité qui réside dans la mine de fer, j'ai fait sécher, et, pour ainsi dire, griller dans un four très chaud, trois cents livres de celle qui avoit été la mieux lavée, et qui s'étoit déjà séchée à l'air; et ayant pesé cette mine au sortir du four, elle ne pesoit plus que deux cent cinquante livres : ainsi la quantité de la matière humide ou volatile que la chaleur lui enlève est à très peu près d'un sixième de son poids total, et je suis persuadé que si on la grilloit à un feu plus violent, elle perdroit encore plus.

mides pour plus d'un mois. Il faut donc des hangars couverts pour les déposer; il faut les étendre par petites couches de trois ou quatre pouces d'épaisseur, les remuer, les exposer au soleil; en un mot, les sécher autant qu'il est possible; sans cela, le van ni le crible ne peuvent faire leur effet. Ce n'est qu'en été qu'on peut y travailler; et quand il s'agit de faire passer au crible quinze ou dix-huit cents milliers de mine que l'on brûle au fourneau dans cinq ou six mois, on sent bien que le temps doit toujours manquer, et il manque en effet; car je n'ai pu par chaque été faire traiter ainsi qu'environ cinq ou six cents milliers: cependant, en augmentant l'espace des hangars, et en doublant les machines et les hommes, on en viendroit à bout; et l'économie qu'on trouveroit par la moindre consommation de charbon dédommageroit et au-delà de tous ces frais.

On doit traiter de même les mines qui sont mélangées de graviers calcaires et de petits cailloux ou de sable vitrescible; en séparer le plus que l'on pourra de cette seconde matière, à laquelle la première sert de fondant, et que, par cette raison, il n'est pas nécessaire d'ôter, à moins quelle ne fût en trop grande quantité: j'en ai travaillé deux de cette espèce; elles sont plus fusibles que les autres, parce qu'elles contiennent une bonne quantité de castine, et qu'il ne leur en faut ajouter que peu ou même point du tout, dans le cas où il n'y auroit que peu ou point de matières vitrescibles.

Lorsque les mines de fer ne contiennent point de matières vitrescibles, et ne sont mélangées que de matières calcaires, il faut tâcher de reconnoître la proportion du fer et de la matière calcaire, en séparant les grains de mine un à un sur une petite quantité, ou en dissolvant à l'eau-forte les parties calcaires, comme je l'ai dit ci-devant. Lorsqu'on se sera assuré de cette proportion, on saura tout ce qui est nécessaire pour fondre ces mines avec succès. Par exemple, la mine qui a servi à la première expérience, et qui contenoit 1 gros 55 grains de sable calcaire, sur 3 gros 66 grains de fer en grains, et dont il s'étoit perdu 59 grains dans les lotions et la dissolution, étoit par conséquent mélangée d'environ un tiers de castine ou de ma-

tière calcaire, sur deux tiers de fer en grains. Cette mine porte donc naturellement sa castine; et on ne peut que gâter la fonte si on ajoute encore de la matière calcaire pour la fondre : il faut, au contraire, y mêler des matières vitrescibles, et choisir celles qui se fondent le plus aisément. En mettant un quinzième ou même un seizième de terre vitrescible, qu'on appelle aubue, j'ai fondu cette mine avec un grand succès, et elle m'a donné d'excellent fer; tandis qu'en la fondant avec une addition de castine, comme c'étoit l'usage dans le pays avant moi, elle ne produisoit qu'une mauvaise fonte qui cassoit par son propre poids sur les rouleaux, en la conduisant à l'affinerie. Ainsi, toutes les fois qu'une mine de fer se trouve naturellement suchargée d'une grande quantité de matières calcaires, il faut, au lieu de castine, employer de l'aubue pour la fondre avec avantage. On doit préférer cette terre aubue à toutes les autres matières vitrescibles, parce qu'elle fond plus aisément que le caillou, le sable cristallin et les autres matières du genre vitrifiable qui pourroient faire le même effet, mais qui exigeroient plus de charbon pour se fondre. D'ailleurs cette terre aubue se trouve presque partout, et est la terre la plus commune dans nos campagnes. En se fondant elle saisit les sablons, les pénètre, les ramollit et les fait couler avec elle plus promptement que ne pourroit faire le petit caillou ou le sable vitrescible, auxquels il faut beaucoup plus de feu pour les fondre.

On est dans l'erreur lorsqu'on croit que la mine de fer ne peut se fondre sans castine; on peut la fondre non-seulement sans castine, mais même sans aubue et sans aucun autre fondant, lorsqu'elle est nette et pure : mais il est vrai qu'alors il se brûle une quantité assez considérable de mine qui tombe en mauvais laitier, et qui diminue le produit de la fonte. Il s'agit donc, pour fondre le plus avantageusement qu'il est possible, de trouver d'abord quel est le fondant qui convient à la mine, et ensuite dans quelle proportion il faut lui donner ce fondant pour qu'elle se convertisse entièrement en fonte de fer, et qu'elle ne brûle pas avant d'entrer en fusion. Si la mine est mêlée d'un tiers ou d'un quart de matières vitrescibles, et qu'il

ne s'y trouve aucune matière calcaire, alors un demi-tiers ou un demi-quart de matières calcaires suffira pour la fondre; et si, au contraire, elle se trouve naturellement mélangée d'un tiers ou d'un quart de sables ou de graviers calcaires, un quinzième ou un dix-huitième d'aubue suffira pour la faire couler et la préserver de l'action trop subite du feu, qui ne manqueroit pas de la brûler en partie. On pèche presque partout par l'excès de castine qu'on met dans les fourneaux; il y a même des maîtres de cet art assez peu instruits pour mettre de la castine et de l'aubue tout ensemble ou séparément, suivant qu'ils imaginent que leur mine est trop froide ou trop chaude; tandis que, dans le réel, toutes les mines de fer, du moins toutes les mines en grains, sont également fusibles, et ne diffèrent les unes des autres que par les matières dont elles sont mélangées, et point du tout par leurs qualités intrinsèques, qui sont absolument les mêmes, et qui m'ont démontré que le fer, comme tout autre métal, est un dans la nature.

On reconnoîtra par les laitiers si la proportion de la castine ou de l'aubue que l'on jette au fourneau pèche par excès ou par défaut : lorsque les laitiers sont trop légers, spongieux et blancs, presque semblables à la pierre ponce, c'est une preuve certaine qu'il y a trop de matière calcaire; en diminuant la quantité de cette matière on verra le laitier prendre plus de solidité, et former un verre ordinairement de couleur verdâtre, qui file, s'étend et coule lentement au sortir du fourneau. Si au contraire le laitier est trop visqueux, s'il ne coule que très difficilement, s'il faut l'arracher du sommet de la dame, on peut être sûr qu'il n'y a pas assez de castine, ou peut-être pas assez de charbon proportionnellement à la mine. La consistance et même la couleur du laitier sont les indices les plus sûrs du bon ou du mauvais état du fourneau, et de la bonne ou mauvaise proportion des matières qu'on y jette : il faut que le laitier coule seul et forme un ruisseau lent sur la pente qui s'étend du sommet de la dame au terrain; il faut que sa couleur ne soit pas d'un rouge trop vif ou trop foncé, mais d'un rouge pâle et blanchâtre; et lorsqu'il est refroidi, on doit trouver un

verre solide, transparent et verdâtre, aussi pesant et même plus que le verre ordinaire. Rien ne prouve mieux le mauvais travail du fourneau ou la disproportion des mélanges, que les laitiers trop légers, trop pesants, trop obscurs; et ceux dans lesquels on remarque plusieurs petits trous ronds, gros comme les grains de mine, ne sont pas des laitiers proprement dits, mais de la mine brûlée qui ne s'est pas fondue.

Il y a encore plusieurs attentions nécessaires et quelques précautions à prendre, pour fondre les mines de fer avec la plus grande économie. Je suis parvenu, après un grand nombre d'essais réitérés, à ne consommer que 1 livre 7 onces ½ ou tout au plus 1 livre 8 onces de charbon pour 1 livre de fonte; car, avec 2880 livres de charbon, lorsque mon fourneau est pleinement animé, j'obtiens constamment des gueuses de 1875, 1900 et 1950 livres, et je crois que c'est le plus haut point d'économie auquel on puisse arriver. Car M. Robert, qui, de tous les maîtres de cet art, est peut-être celui qui, par le moyen de son lavoir, a le plus épuré ses mines, consommoit néanmoins 1 livre 10 onces de charbon pour chaque livre de fonte, et je doute que la qualité de ces fontes fût aussi parfaite que celle des miennes; mais cela dépend, comme je viens de le dire, d'un grand nombre d'observations et de précautions dont je vais indiquer les principales.

1° La cheminée du fourneau, depuis la cuve jusqu'au gueulard, doit être circulaire, et non pas à huit pans, comme étoit le fourneau de M. Robert, ou carrée comme le sont les cheminées de la plupart des fourneaux en France. Il est bien aisé de sentir que dans un carré la chaleur se perd dans les angles sans réagir sur la mine, et que par conséquent on brûle plus de charbon pour en fondre la même quantité.

2° L'ouverture du gueulard ne doit être que de la moitié du diamètre de la largeur de la cuve du fourneau. J'ai fait des fondages avec de très grands et de très petits gueulards; par exemple, de 3 pieds ½ de diamètre, la cuve n'ayant que 5 pieds de diamètre, ce qui est à peu près la proportion des fourneaux de Suède; et j'ai vu que chaque livre de fonte consommoit près

de 2 livres de charbon. Ensuite ayant rétréci la cheminée du fourneau, et laissant toujours à la cuve un diamètre de 5 pieds, j'ai réduit le gueulard à 2 pieds de diamètre; et, dans ce fondage, j'ai consommé 1 livre 13 onces de charbon pour chaque livre de fonte. La proportion qui m'a le mieux réussi, et à laquelle je me suis tenu, est celle de 2 pieds $\frac{1}{2}$ de diamètre au gueulard, sur 5 pieds à la cuve, la cheminée formant un cône droit, portant sur des gueuses circulaires depuis la cuve au gueulard, le tout construit avec des briques capables de résister au plus grand feu. Je donnerai ailleurs la composition de ces briques, et les détails de la construction du fourneau, qui est toute différente de ce qui s'est pratiqué jusqu'ici, surtout pour la partie qu'on appelle *l'ouvrage dans le fourneau*.

3° La manière de charger le fourneau ne laisse pas d'influer beaucoup plus qu'on ne croit sur le produit de la fusion. Au lieu de charger, comme c'est l'usage, toujours du côté de la rustine, et de laisser couler la mine en pente, de manière que ce côté de rustine est constamment plus chargé que les autres, il faut la placer au milieu du gueulard, l'élever en cône obtus, et ne jamais interrompre le cours de la flamme, qui doit toujours envelopper le tas de mine tout autour, et donner constamment le même degré de feu. Par exemple, je fais charger communément six paniers de charbon de 40 livres chacun, sur huit mesures de mine de 55 livres chacune, et je fais couler à douze charges; j'obtiens communément 1925 livres de fonte de la meilleure qualité. On commence, comme partout ailleurs, à mettre le charbon; j'observe seulement de ne me servir au fourneau que de charbon de bois de chêne, et je laisse pour les affineries le charbon des bois plus doux. On jette d'abord cinq paniers de ce gros charbon de bois de chêne, et le dernier panier, qu'on impose sur les cinq autres, doit être d'un charbon plus menu, que l'on entasse et brise avec un râble, pour qu'il remplisse exactement les vides que laissent entre eux les gros charbons. Cette précaution est nécessaire pour que la mine, dont les grains sont très menus, ne perce pas trop vite, et n'arrive pas trop tôt au bas du fourneau. C'est aussi par la

même raison qu'avant d'imposer la mine sur ce dernier charbon, qui doit être non pas à fleur du gueulard, mais à deux pouces au-dessous, il faut, suivant la nature de la mine, répandre une portion de la castine ou de l'aubue, nécessaire à la fusion, sur la surface du charbon : cette couche de matière soutient la mine et l'empêche de percer. Ensuite on impose au milieu de l'ouverture une mesure de mine qui doit être mouillée, non pas assez pour tenir à la main, mais assez pour que les grains aient entre eux quelque adhérence et fassent quelques petites pelotes. Sur cette première mesure de mine on en met une seconde, et on relève le tout en cône, de manière que la flamme l'enveloppe en entier; et s'il y a quelques points dans cette circonférence où la flamme ne perce pas, on enfonce un petit ringard pour lui donner jour, afin d'en entretenir l'égalité tout autour de la mine. Quelques minutes après, lorsque le cône de mine est affaissé de moitié ou des deux tiers, on impose de la même façon une troisième et une quatrième mesure qu'on relève de même, et ainsi de suite jusqu'à la huitième mesure. On emploie quinze ou vingt minutes à charger successivement la mine; cette manière est meilleure et bien plus profitable que la façon ordinaire qui est en usage, par laquelle on se presse de jeter, et toujours du même côté, la mine tout ensemble en moins de 3 ou 4 minutes.

4° La conduite du vent contribue beaucoup à l'augmentation du produit de la mine et de l'épargne du charbon. Il faut, dans le commencement du fondage, donner le moins de vent qu'il est possible, c'est-à-dire à peu près six coups de soufflet par minute, et augmenter peu à peu le mouvement pendant les quinze premiers jours, au bout desquels on peut aller jusqu'à onze et même jusqu'à douze coups de soufflet par minute; mais il faut encore que la grandeur des soufflets soit proportionnée à la capacité du fourneau, et que l'orifice de la tuyère soit placé d'un tiers plus près de la rustine que de la tympe, afin que le vent ne se porte pas trop du côté de l'ouverture qui donne passage au laitier. Les buses des soufflets doivent être posées à 6 ou 7 pouces en dedans de la tuyère, et le milieu du creuset

doit se trouver à l'aplomb du centre du gueulard; de cette manière le vent circule à peu près également dans toute la cavité du fourneau, et la mine descend, pour ainsi dire, à plomb, et ne s'attache que très rarement et en petite quantité aux parois du fourneau: dès-lors il s'en brûle très peu, et l'on évite les embarras qui se forment souvent par cette mine attachée, et les bouillonnements qui arrivent dans le creuset lorsqu'elle vient à se détacher et y tomber en masse. Mais je renvoie les détails de la construction et de la conduite des fourneaux à un autre mémoire, parce que ce sujet exige une très longue discussion. Je pense que j'en ai dit assez pour que les maîtres de forges puissent m'entendre, et changer ou perfectionner leurs méthodes d'après la mienne. J'ajouterai seulement que par les moyens que je viens d'indiquer, et en ne pressant pas le feu, en ne cherchant point à accélérer les coulées, en n'augmentant de mine qu'avec précaution, en se tenant toujours au-dessous de la quantité qu'on pourroit charger, on sera sûr d'avoir de très bonne fonte grise, dont on tirera d'excellent fer et qui sera toujours de même qualité, de quelque mine qu'il provienne. Je puis l'assurer de toutes les mines en grains, puisque j'ai sur cela l'expérience la plus constante et les faits les plus réitérés. Mes fers, depuis cinq ans, n'ont jamais varié pour la qualité, et néanmoins j'ai employé sept espèces de mines différentes: mais je n'ai garde d'assurer de même que les mines de fer en roche donneroient, comme celles en grains, du fer de même qualité; car celles qui contiennent du cuivre ne peuvent guère produire que du fer aigre et cassant, de quelque manière qu'on voulût les traiter, parce qu'il est comme impossible de les purger de ce métal, dont le moindre mélange gâte beaucoup la qualité du fer. Celles qui contiennent des pyrites et beaucoup de soufre demanderoient à être traitées dans de petits fourneaux presque ouverts, ou à la manière des forges des Pyrénées: mais comme toutes les mines en grains, du moins toutes celles que j'ai eu occasion d'examiner (et j'en ai vu beaucoup, m'en étant procuré d'un grand nombre d'endroits), ne contiennent ni cuivre ni soufre, on

sera certain d'avoir du très bon fer, et de la même qualité, en suivant les procédés que je viens d'indiquer; et comme ces mines en grains sont, pour ainsi dire, les seules que l'on exploite en France, et qu'à l'exception des provinces du Dauphiné, de Bretagne, du Roussillon, du pays de Foix, etc., où l'on se sert de mines en roche, presque toutes nos autres provinces n'ont que des mines en grains, les procédés que je viens de donner pour le traitement de ces mines en grains seront plus généralement utiles au royaume que les manières particulières de traiter les mines en roche, dont d'ailleurs on peut s'instruire dans Swedenborg et dans quelques autres auteurs.

Ces procédés, que tous les gens qui connoissent les forges peuvent entendre aisément, se réduisent à séparer d'abord, autant qu'il sera possible, toutes les matières étrangères qui se trouvent mêlées avec la mine; si l'on pouvoit en avoir le grain pur et sans aucun mélange, tous les fers, dans tous pays, seroient exactement de la même qualité: je me suis assuré, par un grand nombre d'essais, que toutes les mines en grains, ou plutôt que tous les grains des différentes mines, sont à très peu près de la même substance. Le fer est un dans la nature, comme l'or et tous les autres métaux; et, dans les mines en grains, les différences qu'on y trouve ne viennent pas de la matière qui compose le grain, mais de celles qui se trouvent mêlées avec les grains, et que l'on n'en sépare pas avant de les faire fondre. La seule différence que j'ai observée entre les grains des différentes mines que j'ai fait trier un à un pour faire mes essais, c'est que les plus petits sont ceux qui ont la plus grande pesanteur spécifique, et par conséquent ceux qui, sous le même volume, contiennent le plus de fer: il y a communément une petite cavité au centre de chaque grain; plus ils sont gros, plus ce vide est grand; ils n'augmentent pas comme le volume seulement, mais en bien plus grande proportion; en sorte que les plus gros grains sont à peu près comme les géodes ou pierres d'aigle, qui sont elles-mêmes de gros grains de mines de fer, dont la cavité intérieure est très grande. Ainsi les mines en grains très menus sont ordinaire-

ment les plus riches; j'en ai tiré jusqu'à 49 et 50 par 100 de fer en gueuse, et je suis persuadé que si je les avois épurées en entier, j'aurois obtenu plus de 60 par 100; car il y restoit environ un cinquième de sable vitrescible aussi gros et à peu près aussi pesant que le grain, et que je n'avois pu séparer; ce cinquième déduit sur 100, reste 80, dont, ayant tiré 50, on auroit par conséquent obtenu 60 $\frac{1}{2}$. On demandera peut-être comment je pouvois m'assurer qu'il ne restoit qu'un cinquième de matières hétérogènes dans la mine, et comment il faut faire en général pour reconnoître cette quantité : cela n'est point du tout difficile; il suffit de peser exactement une demi-livre de la mine, la livrer ensuite à une petite personne attentive, once par once, et lui en faire trier tous les grains un à un; ils sont toujours très reconnoissables par leur luisant métallique; et lorsqu'on les a tous triés, on pèse les grains d'un côté et les sablons de l'autre, pour reconnoître la proportion de leurs quantités.

Les métallurgistes qui ont parlé des mines de fer en roche disent qu'il y en a quelques-unes de si riches, qu'elles donnent 70 et même 75 et davantage de fer en gueuse par 100: cela semble prouver que ces mines en roches sont en effet plus abondantes en fer que les mines en grains. Cependant j'ai quelque peine à le croire; et ayant consulté les Mémoires de feu M. Jars, qui a fait en Suède des observations exactes sur les mines, j'ai vu que, selon lui, les plus riches ne donnent que 50 pour 100 de fonte en gueuse. J'ai fait venir des échantillons de plusieurs mines de Suède, de celles des Pyrénées, et de celles d'Allevard en Dauphiné, que M. le comte de Baral a bien voulu me procurer, en m'envoyant la note ci-jointe[1]; et les ayant comparées à la balance hydrostatique

[1] « La terre d'Allevard est composée du bourg d'Allevard et de cinq paroisses, dans lesquelles il peut y avoir près de six mille personnes toutes occupées, soit à l'exploitation des mines, soit à convertir les bois en charbon, et aux travaux des fourneaux, forges et martinets. La hauteur des montagnes est pleine de rameaux de mines de fer; et elles y sont si abondantes, qu'elles fournissent des mines à toute la province de Dauphiné. Les qualités en sont si fines et si pures, qu'elles ont toujours été absolument né-

avec nos mines en grains, elles se sont, à la vérité, trouvées plus pesantes : mais cette épreuve n'est pas concluante, à cause de la cavité qui se trouve dans chaque grain de nos mines, dont on ne peut pas estimer au juste, ni même à peu près, le rapport avec le volume total du grain. Et l'épreuve chimique que M. Sage a faite, à ma prière, d'un morceau de mine de fer cubique, semblable à celui de Sibérie, que mes tireurs de mine ont trouvé dans le territoire de Montbard, semble confirmer mon opinion, M. Sage n'en ayant tiré que 50 pour 100[1]; cette mine est toute différente de nos mines en grains, le fer y étant contenu en masses de figure cubique, au lieu que tous nos grains sont toujours plus ou moins arrondis, et que, quand ils forment une masse, ils ne sont, pour ainsi dire, qu'agglutinés par un ciment terreux facile à diviser; au lieu que dans cette mine cubique, ainsi que dans toutes les autres vraies mines en roche, le fer est intimement uni avec les autres matières qui composent leur masse. J'aurois bien

cessaires pour la fabrique royale de canons de Saint-Gervais, d'où l'on vient les chercher à grands frais; ces mines sont toutes répandues dans le cœur des roches, où elles forment des rameaux, et dans lesquelles elles se renouvellent par une végétation continuelle.

« Le fourneau est situé dans le centre des bois et des mines : c'est l'eau qui souffle le feu, et les courants d'eau sont immenses. Il n'y a par conséquent aucun soufflet; mais l'eau tombe dans des arbres creusés dans de grands tonneaux, y attire une quantité d'air immense, qui va par un conduit souffler le fourneau; l'eau, plus pesante, s'enfuit par d'autres conduits. »

[1] Cette mine est brune, fait feu avec le briquet, et est minéralisée par l'acide marin : on remarque dans sa fracture de petits points brillants de pyrites martiales; dans les fentes, on trouve des cubes de fer de deux lignes de diamètre, dont les surfaces sont striées; les stries sont opposées suivant les faces. Ce caractère se remarque dans les mines de fer de Sibérie : cette mine est absolument semblable à celles de ce pays par la couleur, la configuration des cristaux et les minéralisations; elle en diffère en ce qu'elle ne contient point d'or.

Par la distillation au fourneau de réverbère j'ai retiré de 600 grains de cette mine vingt gouttes d'eau insipide et très claire : j'avois enduit d'huile de tartre par défaillance le récipient, que j'avois adapté à la cornue; la distillation finie, je l'ai trouvé obscurci par des cristaux cubiques de sel fébrifuge de Sylvius.

Le résidu de la distillation étoit d'un rouge pourpre et avoit diminué de 10 livres par quintal.

J'ai retiré de cette mine 52 livres de fer par quintal; il étoit très ductile.

desiré faire l'épreuve en grand de cette mine cubique; mais on n'en a trouvé que quelques petits morceaux dispersés çà et là dans les fouilles des autres mines, et il m'a été impossible d'en rassembler assez pour en faire l'essai dans mes fourneaux.

Les essais en grand des différentes mines de fer sont plus difficiles, et demandent plus d'attention qu'on ne l'imagineroit. Lorsqu'on veut fondre une nouvelle mine, et en comparer au juste le produit avec celui des mines dont on usoit précédemment, il faut prendre le temps où le fourneau est en plein exercice, et s'il consomme dix mesures de mine par charge, ne lui en donner que sept ou huit de la nouvelle mine: il m'est arrivé d'avoir fort embarrassé mon fourneau, faute d'avoir pris cette précaution, parce qu'une mine dont on n'a point encore usé peut exiger plus de charbon qu'une autre, ou plus ou moins de vent, plus ou moins de castine, et, pour ne rien risquer, il faut commencer par une moindre quantité, et charger ainsi jusqu'à la première coulée. Le produit de cette première coulée est une fonte mélangée environ par moitié de la mine ancienne et de la nouvelle; et ce n'est qu'à la seconde, et quelquefois même à la troisième coulée, que l'on a sans mélange la fonte produite par la nouvelle mine. Si la fusion s'en fait avec succès, c'est-à-dire sans embarrasser le fourneau, et si les charges descendent promptement, on augmentera la quantité de mine par demi-mesure, non pas de charge en charge, mais seulement de coulée en coulée, jusqu'à ce qu'on parvienne au point d'en mettre la plus grande quantité qu'on puisse employer sans gâter sa fonte. C'est ici le point essentiel, et auquel tous les gens de cet art manquent par raison d'intérêt: comme ils ne cherchent qu'à faire la plus grande quantité de fonte sans trop se soucier de la qualité, qu'ils paient même leur fondeur au millier, et qu'ils en sont d'autant plus contents que cet ouvrier coule plus de fonte toutes les vingt-quatre heures, ils ont coutume de faire charger leur fourneau d'autant de mine qu'il peut en supporter sans s'obstruer; et par ce moyen, au lieu de 400 milliers de bonne fonte qu'ils feroient en quatre mois, il en font, dans ce même espace de

temps, 5 ou 600 milliers. Cette fonte, toujours très cassante et très blanche, ne peut produire que du fer très médiocre ou mauvais; mais comme le débit en est plus assuré que celui du bon fer qu'on ne peut pas donner au même prix, et qu'il y a beaucoup plus à gagner, cette mauvaise pratique s'est introduite dans presque toutes les forges, et rien n'est plus rare que les fourneaux où l'on fait de bonnes fontes. On verra dans le mémoire suivant, où je rapporte les expériences que j'ai faites au sujet des canons de la marine, combien les bonnes fontes sont rares, puisque celle même dont on se sert pour les canons n'est pas, à beaucoup près, d'une aussi bonne qualité qu'on pourroit et qu'on devroit la faire.

Il en coûte à peu près un quart de plus pour faire de la bonne fonte, que pour en faire de la mauvaise : ce quart, que dans la plupart de nos provinces on peut évaluer à 10 francs par millier, produit une différence de 15 francs sur chaque millier de fer; et ce bénéfice, qu'on ne fait qu'en trompant le public, c'est-à-dire en lui donnant de la mauvaise marchandise au lieu de lui en fournir de la bonne, se trouve encore augmenté de près du double par la facilité avec laquelle ces mauvaises fontes coulent à l'affinerie; elles demandent beaucoup moins de charbon, et encore moins de travail pour être converties en fer, de sorte qu'entre la fabrication du bon fer et du mauvais fer il se trouve nécessairement, et tout au moins, une différence de 25 francs : et néanmoins dans le commerce, tel qu'il est aujourd'hui et depuis plusieurs années, on ne peut espérer de vendre le bon fer que 10 francs tout au plus au-dessus du mauvais; il n'y a donc que les gens qui veulent bien, pour l'honneur de leur manufacture, perdre 15 fr. par millier de fer, c'est-à-dire environ 2,000 écus par an, qui fassent de bon fer. Perdre, c'est-à-dire gagner moins, car, avec de l'intelligence et en se donnant beaucoup de peine, on peut encore trouver quelque bénéfice en faisant du bon fer; mais ce bénéfice est si médiocre, en comparaison du gain qu'on fait sur le fer commun, qu'on doit être étonné qu'il y ait encore quelques manufactures qui donnent du bon fer. En atten-

dant qu'on réforme cet abus, suivons toujours notre objet; si l'on n'écoute pas ma voix aujourd'hui, quelque jour on y obéira en consultant mes écrits, et l'on sera fâché d'avoir attendu si long-temps à faire un bien qu'on pourroit faire dès demain, en proscrivant l'entrée des fers étrangers dans le royaume, ou en diminuant les droits de la marque des fers.

Si l'on veut donc avoir, je ne dis pas de la fonte parfaite et telle qu'il la faudroit pour les canons de marine, mais seulement de la fonte assez bonne pour faire du fer liant, moitié nerf et moitié grain, du fer, en un mot, aussi bon et meilleur que les fers étrangers, on y parviendra très aisément par les procédés que je viens d'indiquer. On a vu dans le quatrième mémoire, où j'ai traité de la ténacité du fer, combien il y a de différence pour la force et pour la durée entre le bon et le mauvais fer; mais je me borne, dans celui-ci, à ce qui a rapport à la fusion des mines et à leur produit en fonte. Pour m'assurer de leur qualité, et reconnoître en même temps si elle ne varie pas, mes garde-fourneaux ne manquent jamais de faire un petit enfoncement horizontal d'environ trois pouces de profondeur à l'extrémité antérieure du moule de la gueuse; on casse le petit morceau lorsqu'on la sort du moule, et on l'enveloppe d'un morceau de papier portant le même numéro que celui de la gueuse. J'ai de chacun de mes fondages deux ou trois cents de ces morceaux numérotés, par lesquels je connois non-seulement le grain et la couleur de mes fontes, mais aussi la différence de leur pesanteur spécifique; et par-là je suis en état de prononcer d'avance sur la qualité du fer que chaque gueuse produira; car, quoique la mine soit la même et qu'on suive les mêmes procédés au fourneau, le changement de la température de l'air, le haussement ou le baissement des eaux, le jeu des soufflets plus ou moins soutenu, les retardements causés par les glaces ou par quelque accident aux roues, aux harnois ou à la tuyère et au creuset du fourneau, rendent la fonte assez différente d'elle-même pour qu'on soit forcé d'en faire un choix, si l'on veut avoir du fer toujours de même qualité. En général il faut, pour qu'il soit de cette bonne qua-

lité, que la couleur de la fonte soit d'un gris un peu brun, que le grain en soit presque aussi fin que celui de l'acier commun, que le poids spécifique soit d'environ 504 ou 505 livres par pied cube, et qu'en même temps elle soit d'une si grande résistance qu'on ne puisse casser les gueuses avec la masse.

Tout le monde sait que quand on commence un fondage, on ne met d'abord qu'une petite quantité de mine, un sixième, un cinquième, et tout au plus un quart de la quantité qu'on mettra dans la suite, et qu'on augmente peu à peu cette première quantité pendant les premiers jours, parce qu'il en faut au moins quinze pour que le fond du fourneau soit échauffé. On donne aussi assez peu de vent dans ces commencements, pour ne pas détruire le creuset et les étalages du fourneau en leur faisant subir une chaleur trop vive et trop subite. Il ne faut pas compter sur la qualité des fontes que l'on tire pendant ces premiers quinze ou vingt jours; comme le fourneau n'est pas encore réglé, le produit en varie suivant les différentes circonstances : mais lorsque le fourneau a acquis le degré de chaleur suffisant, il faut examiner la fonte, et s'en tenir à la quantité de mine qui donne la meilleure; une mesure sur dix suffit souvent pour en changer la qualité. Ainsi l'on doit toujours se tenir au-dessous de ce que l'on pourroit fondre avec la même quantité de charbon, qui ne doit jamais varier si l'on conduit bien son fourneau. Mais je réserve les détails de cette conduite du fourneau, et tout ce qui regarde sa forme et sa construction, pour l'article où je traiterai du fer en particulier, dans l'histoire des minéraux, et je me bornerai ici aux choses les plus générales et les plus essentielles de la fusion des mines.

Le fer étant, comme je l'ai dit, toujours de même nature dans toutes les mines en grains, on sera donc sûr, en les nettoyant et en les traitant comme je viens de le dire, d'avoir toujours de la fonte d'une bonne et même qualité; on le reconnoîtra non-seulement à la couleur, à la finesse du grain, à la pesanteur spécifique, mais encore à la ténacité de la matière : la mauvaise fonte est très cassante; et, si l'on veut en faire

des plaques minces et des côtés de cheminée, le seul coup de l'air les fait fendre au moment que ces pièces commencent à se refroidir, au lieu que la bonne fonte ne casse jamais, quelque mince qu'elle soit. On peut même reconnoître au son la bonne ou la mauvaise qualité de la fonte : celle qui sonne le mieux est toujours la plus mauvaise; et lorsqu'on veut en faire des cloches, il faut, pour qu'elles résistent à la percussion du battant, leur donner plus d'épaisseur qu'aux cloches de bronze, et choisir de préférence une mauvaise fonte, car la bonne sonneroit mal.

Au reste, la fonte de fer n'est point encore un métal; ce n'est qu'une matière mêlée de fer et de verre, qui est bonne ou mauvaise, suivant la quantité dominante de l'un ou de l'autre. Dans toutes les fontes noires, brunes et grises, dont le grain est fin et serré, il y a beaucoup plus de fer que de verre ou d'autre matière hétérogène. Dans toutes les fontes blanches, où l'on voit plutôt des lames et des écailles que des grains, le verre est peut-être plus abondant que le fer; c'est par cette raison qu'elles sont plus légères et très cassantes : le fer qui en provient conserve les mêmes qualités, on peut, à la vérité, corriger un peu cette mauvaise qualité de la fonte par la manière de la traiter à l'affinerie; mais l'art du marteleur est, comme celui du fondeur, un pauvre petit métier, dont il n'y a que les maîtres de forges ignorants qui soient dupes. Jamais la mauvaise fonte ne peut produire d'aussi bon fer que la bonne; jamais le marteleur ne peut réparer pleinement ce que le fondeur a gâté.

Cette manière de fondre la mine de fer et de la faire couler en gueuses, c'est-à-dire en gros lingots de fonte, quoique la plus générale, n'est peut-être pas la meilleure ni la moins dispendieuse : on a vu par le résultat des expériences que j'ai citées dans ce mémoire, qu'on peut faire d'excellent fer, et même de très bon acier, sans les faire passer par l'état de la fonte. Dans nos provinces voisines des Pyrénées, en Espagne, en Italie, en Styrie, et dans quelques autres endroits, on tire immédiatement le fer de la mine sans le faire couler en fonte.

On fond ou plutôt on ramollit la mine sans fondant, c'est-à-dire sans castine, dans de petits fourneaux dont je parlerai dans la suite, et on en tire des loupes ou des masses de fer déjà pur, qui n'a point passé par l'état de la fonte, qui s'est formé par une demi-fusion, par une espèce de coagulation de toutes les parties ferrugineuses de la mine. Ce fer fait par coagulation est certainement le meilleur de tous : on pourroit l'appeler *fer à 24 karats :* car, au sortir du fourneau, il est déjà presque aussi pur que celui de la fonte qu'on a purifiée par deux chaudes au feu de l'affinerie. Je crois donc cette pratique excellente ; je suis même persuadé que c'est la seule manière de tirer immédiatement de l'acier de toutes les mines, comme je l'ai fait dans mes fourneaux de 14 pieds de hauteur. Mais n'ayant fait exécuter que l'été dernier 1772 les petits fourneaux des Pyrénées, d'après un mémoire envoyé à l'Académie des Sciences, j'y ai trouvé des difficultés qui m'ont arrêté, et me forcent à renvoyer à un autre mémoire tout ce qui a rapport à cette manière de fondre les mines de fer.

DIXIÈME MÉMOIRE.

Observations et expériences faites dans la vue d'améliorer les canons de la marine.

Les canons de la marine sont de fonte de fer, en France comme en Angleterre, en Hollande et partout ailleurs. Deux motifs ont pu donner également naissance à cet usage. Le premier est celui de l'économie : un canon de fer coulé coûte beaucoup moins qu'un canon de fer battu, et encore beaucoup moins qu'un canon de bronze; et cela seul a peut-être suffi pour les faire préférer, d'autant que le second motif vient à l'appui du premier. On prétend, et je suis très porté à le croire, que les canons de bronze, dont quelques-uns de nos vaisseaux de parade sont armés, rendent dans l'instant de l'explosion un son si violent, qu'il en résulte dans l'oreille de tous les habitants du

vaisseau un tintement assourdissant qui leur feroit perdre en peu de temps le sens de l'ouïe. On assure, d'autre côté, que les canons de fer battu, sur lesquels on pourroit, par l'épargne de la matière, regagner une partie des frais de la fabrication, ne doivent point être employés sur les vaisseaux, par cette raison même de leur légèreté qui paroîtroit devoir les faire préférer; l'explosion les fait sauter dans les sabords, où l'on ne peut, dit-on, les retenir invinciblement, ni même assez pour les diriger à coup sûr. Si cet inconvénient n'est pas réel, ou si l'on pouvoit y parer, nul doute que les canons de fer forgé ne dussent être préférés à ceux de fer coulé : ils auroient moitié plus de légèreté et plus du double de résistance. Le maréchal de Vauban en avoit fait fabriquer de très beaux dont il restoit encore, ces années dernières, quelques tronçons à la manufacture de Charleville [1]. Le travail n'en seroit pas plus difficile

[1] Une personne très versée dans la connoissance de l'art des forges m'a donné la note suivante :

« Il me paroît que l'on peut faire des canons de fer battu, qui seroient beaucoup plus sûrs et plus légers que les canons de fer coulé, et voici les proportions sur lesquelles il faudroit en tenter les expériences.

« Les canons, de fer battu, de 4 livres de balle auront 7 pouces $^1/_2$ d'épaisseur à leur plus grand diamètre;

Ceux de 8, 10 pouces;

Ceux de 12, 1 pied;

Ceux de 24 livres, 15 pouces;

Ceux de 36 livres, 16 pouces $^1/_2$.

« Ces proportions sont plutôt trop fortes que trop foibles : peut-être pourrat-on les réduire à 6 pouces $^1/_2$ pour les canons de 4; ceux de 8 livres, à 8 pouces $^1/_2$; ceux de 12 livres, à 9 pouces $^1/_2$; ceux de 24, à 12 pouces, et ceux de 36, à 14 pouces.

« Les longueurs pour les canons de 4 seront de 5 pieds $^1/_2$; ceux de 8, de 7 pieds de longueur; ceux de 12 livres, 7 pieds 9 pouces de longueur; ceux de 24, 8 pieds 9 pouces; ceux de 36, 9 pieds 2 pouces de longueur.

« L'on pourroit même diminuer ces proportions de longueur assez considérablement sans que le service en souffrît, c'est-à-dire faire les canons de 4 de 5 pieds de longueur seulement: ceux de 8 livres, de 6 pieds 8 pouces de longueur; ceux de 12 livres, à 7 pieds de longueur; ceux de 24, à 7 pieds 10 pouces, et ceux de 36, à 8 pieds, et peut-être même encore au-dessous.

« Or il ne paroît pas bien difficile, 1° de faire des canons de 4 livres qui n'auroient que 5 pieds de longueur sur 6 pouces $^1/_2$ d'épaisseur dans leur plus grand diamètre; il suffiroit pour cela de souder ensemble quatre barres de 3 pouces forts en carré, et d'en former un cylindre massif de 6 pouces $^1/_2$ de diamètre sur 5 pieds de longueur; et comme cela ne seroit pas praticable

que celui des ancres; et une manufacture aussi bien montée pour cet objet que l'est celle de M. de La Chaussades pour les ancres[1], pourroit être d'une très grande utilité.

Quoi qu'il en soit, comme ce n'est pas l'état actuel des choses, nos observations ne porteront que sur les canons de fer coulé. On s'est beaucoup plaint, dans ces derniers temps, de leur peu de résistance : malgré la rigueur des épreuves, quelques-uns ont crevé sur nos vaisseaux : accident terrible,

dans les chaufferies ordinaires, ou du moins que cela deviendroit très difficile, il faudroit établir des fourneaux de réverbère, où l'on pourroit chauffer ces barres dans toute leur longueur pour les souder ensuite ensemble, sans être obligé de les remettre plusieurs fois au feu. Ce cylindre une fois formé, il sera facile de le forer et tourner; car le fer battu obéit bien plus aisément au foret que le fer coulé.

« Pour les canons de 8 livres qui ont 6 pieds 8 pouces de longueur sur 8 pouces $^1/_2$ d'épaisseur, il faudroit souder ensemble neuf barres de 3 pouces foibles en carré chacune, en les faisant toutes chauffer ensemble au même fourneau de réverbère, pour en faire un cylindre plein de 8 pouces $^1/_2$ de diamètre.

« Pour les canons de 12 livres de balle qui doivent avoir 10 pouces $^1/_2$ d'épaisseur, on pourra les faire avec neuf barres de 3 pouces $^1/_2$ carrées, que l'on soudera toutes ensemble par les mêmes moyens.

« Et pour les canons de 24, avec seize barres de trois pouces en carré.

« Comme l'exécution de cette espèce d'ouvrage devient beaucoup plus difficile pour les gros canons que pour les petits, il sera juste et nécessaire de les payer à proportion plus cher.

« Le prix du fer battu est ordinairement de deux tiers plus haut que celui du fer coulé. Si l'on paie 20 francs le quintal des canons de fer coulé, il faudra donc payer ceux-ci 60 livres le quintal; mais comme il seront beaucoup plus minces que ceux du fer coulé, je crois qu'il seroit possible de les faire fabriquer à 40 livres le quintal, et peut-être au-dessous.

« Mais quand même ils coûteroient 40 livres, il y auroit encore beaucoup à gagner : 1° pour la sûreté du service, car ces canons ne crèveroient pas; ou s'ils venoient à crever, ils n'éclateroient jamais, et ne feroient que se fendre, ce qui ne causeroit aucun malheur.

« 2° Ils résisteroient beaucoup plus à la rouille, et dureroient pendant des siècles, ce qui est un avantage très considérable.

« 3° Comme on les foreroit aisément, la direction de l'ame en seroit parfaite.

« 4° Comme la matière en est homogène partout, il n'y auroit jamais ni cavités ni chambres.

« 5° Enfin, comme ils seroient beaucoup plus légers, ils chargeroient beaucoup moins, tant sur mer que sur terre, et seroient plus aisés à manœuvrer. »

[1] A Guérigny, près de Nevers.

et qui n'arrive jamais sans grand dommage et perte de plusieurs hommes. Le ministère, voulant remédier à ce mal, ou plutôt le prévenir pour la suite, informé que je faisois à mes forges des expériences sur la qualité de la fonte, me demanda mes conseils en 1768, et m'invita à travailler sur ce sujet important. Je m'y livrai avec zèle, et, de concert avec M. le vicomte de Morogues, homme très éclairé, je donnai, dans ce temps et dans les deux années suivantes, quelques observations au ministre, avec les expériences faites et celles qui restoient à faire pour perfectionner les canons. J'en ignore aujourd'hui le résultat et le succès; le ministre de la marine ayant changé, je n'ai plus entendu parler ni d'expériences ni de canons. Mais cela ne doit pas m'empêcher de donner, sans qu'on me le demande, les choses utiles que j'ai pu trouver en m'occupant pendant deux ou trois ans de ce travail; et c'est ce qui fera le sujet de ce mémoire, qui tient de si près à celui où j'ai traité de la fusion des mines de fer, qu'on peut l'en regarder comme une suite.

Les canons se fondent en situation perpendiculaire, dans des moules de plusieurs pieds de profondeur, la culasse au fond et la bouche en haut : comme il faut plusieurs milliers de matière en fusion pour faire un gros canon plein et chargé de la masse qui doit le comprimer à sa partie supérieure, on étoit dans le préjugé qu'il falloit deux et même trois fourneaux pour fondre du gros canon. Comme les plus fortes gueuses que l'on coule dans les plus grands fourneaux ne sont que de 2,500 ou tout au plus 3,000 livres, et que la matière en fusion ne séjourne jamais que douze ou quinze heures dans le creuset du fourneau, on imaginoit que le double ou le triple de cette quantité de matière en fusion, qu'on seroit obligé de laisser pendant trente-six ou quarante heures dans le creuset avant de la couler, non-seulement pouvoit détruire le creuset, mais même le fourneau, par son bouillonnement et son explosion, au moyen de quoi on avoit pris le parti qui paroissoit le plus prudent, et on couloit les gros canons en tirant en même temps ou successi-

vement la fonte de deux ou trois fourneaux, placés de manière que les trois ruisseaux de fonte pouvoient arriver en même temps dans le moule.

Il ne faut pas beaucoup de réflexion pour sentir que cette pratique est mauvaise; il est impossible que la fonte de chacun de ces fourneaux soit au même degré de chaleur, de pureté, de fluidité; par conséquent le canon se trouve composé de deux ou trois matières différentes, en sorte que plusieurs de ses parties, et souvent un côté tout entier, se trouvent nécessairement d'une matière moins bonne et plus foible que le reste; ce qui est le plus grand de tous les inconvénients en fait de résistance, puisque l'effort de la poudre, agissant également de tous côtés, ne manque jamais de se faire jour par le plus foible. Je voulus donc essayer de voir en effet s'il y avoit quelque danger à tenir pendant plus de temps qu'on ne le fait ordinairement une plus grande quantité de matière en fusion: j'attendis pour cela que le creuset de mon fourneau, qui avoit 18 pouces de largeur sur 4 pieds de longueur et 18 pouces de hauteur, fût encore élargi par l'action du feu, comme cela arrive toujours vers la fin du fondage; j'y laissai amasser de la fonte pendant trente-six heures; il n'y eut ni explosion ni autre bouillonnement que ceux qui arrivent quelque fois quand il tombe des matières crues dans le creuset: je fis couler après les trente-six heures, et l'on eut trois gueuses pesant ensemble 4,600 livres d'une très bonne fonte.

Par une seconde expérience, j'ai gardé la fonte pendant quarante-huit heures sans aucun inconvénient; ce long séjour ne fait que la purifier davantage, et par conséquent en diminuer le volume en augmentant la masse: comme la fonte contient une grande quantité de parties hétérogènes, dont les unes se brûlent et les autres se convertissent en verre, l'un des plus grands moyens de la dépurer est de la laisser séjourner au fourneau.

M'étant donc bien assuré que le préjugé de la nécessité de deux ou trois fourneaux étoit très mal fondé, je proposai de

réduire à un seul les fourneaux de Ruelle en Angoumois[1], où l'on fond nos gros canons. Ce conseil fut suivi et exécuté par ordre du ministre; on fondit sans inconvénient et avec tout succès, à un seul fourneau, des canons de vingt-quatre; et je ne sais si l'on n'a pas fondu depuis des canons de trente-six, car j'ai tout lieu de présumer qu'on réussiroit également. Ce premier point une fois obtenu, je cherchai s'il n'y avoit pas encore d'autres causes qui pouvoient contribuer à la fragilité de nos canons; j'en trouvai en effet qui y contribuent plus encore que l'inégalité de l'étoffe dont on les composoit en les coulant à deux ou trois fourneaux.

La première de ces causes est le mauvais usage qui s'est établi, depuis plus de vingt ans, de faire tourner la surface extérieure des canons, ce qui les rend plus agréables à la vue. Il en est cependant du canon comme du soldat, il vaut mieux qu'il soit robuste qu'élégant; et ces canons tournés, polis et guillochés, ne devoient point en imposer aux yeux des braves officiers de notre marine; car il me semble qu'on peut démontrer

[1] Voici l'extrait de cette proposition faite au ministre.

Comme les canons de gros calibre, tels que ceux de trente-six et de vingt-quatre, supposent un grand volume de fer en fusion, on se sert ordinairement de trois ou tout au moins de deux fourneaux pour les couler. La mine fondue dans chacun de ces fourneaux arrive dans le moule par autant de ruisseaux particuliers. Or cette pratique me paroît avoir les plus grands inconvénients; car il est certain que chacun de ces fourneaux donne une fonte de différente espèce, en sorte que leur mélange ne peut se faire d'une manière intime, ni même en approcher. Pour le voir clairement, ne supposons que deux fourneaux, et que la fonte de l'un arrive à droite, et la fonte de l'autre arrive à gauche dans le moule du canon : il est certain que l'une de ces deux fontes étant ou plus pesante, ou plus légère, ou plus chaude, ou plus froide, ou etc., que l'autre, elles ne se mêleront pas, et que par conséquent l'un des côtés du canon sera plus dur que l'autre; que dès-lors il résistera moins d'un côté que de l'autre, et qu'ayant le défaut d'être composé de deux matières différentes, le ressort de ces parties, ainsi que leur cohérence, ne sera pas égal, et que par conséquent ils résisteront moins que ceux qui seroient faits d'une matière homogène. Il n'est pas moins certain que si l'on veut forer ces canons, le foret, trouvant plus de résistance d'un côté que de l'autre, se détournera de la perpendiculaire du côté le plus tendre, et que la direction de l'intérieur du canon prendra de l'obliquité, etc. Il me paroît donc qu'il faudroit tâcher de fondre les canons de fer coulé avec un seul fourneau, et je crois la chose très possible.

qu'ils sont non-seulement beaucoup plus foibles, mais aussi d'une bien moindre durée. Pour peu qu'on soit versé dans la connoissance de la fusion des mines de fer, on aura remarqué en coulant des enclumes, des boulets, et à plus forte raison des canons, que la force centrifuge de la chaleur pousse à la circonférence la partie la plus massive et la plus pure de la fonte; il ne reste au centre que ce qu'il y a de plus mauvais, et souvent même il s'y forme une cavité : sur un nombre de boulets que l'on fera casser, on en trouvera plus de moitié qui auront une cavité dans le centre, et dans tous les autres une matière plus poreuse que le reste du boulet. On remarquera de plus qu'il y a plusieurs rayons qui tendent du centre à la circonférence, et que la matière est plus compacte et de meilleure qualité à mesure qu'elle est plus éloignée du centre. On observera encore que l'écorce du boulet, de l'enclume ou du canon, est beaucoup plus dure que l'intérieur; cette dureté plus grande provient de la trempe que l'humidité du moule donne à l'extérieur de la pièce, et elle pénètre jusqu'à trois lignes d'épaisseur dans les petites pièces, et à une ligne et demie dans les grosses. C'est en quoi consiste la plus grande force du canon : car cette couche extérieure réunit les extrémités de tous les rayons divergents dont je viens de parler, qui sont les lignes par où se feroit la rupture; elle sert de cuirasse au canon, et elle en est la partie la plus pure, et, par sa grande dureté, elle contient toutes les parties intérieures qui sont plus molles, et céderoient sans cela plus aisément à la force de l'explosion. Or que fait-on lorsque l'on tourne les canons? On commence par enlever au ciseau, poussé par le marteau, toute cette surface extérieure que les couteaux du tour ne pourroient entamer; on pénètre dans l'extérieur de la pièce jusqu'au point où elle se trouve assez douce pour se laisser tourner, et on lui enlève en même temps, par cette opération, peut-être un quart de sa force.

Cette couche extérieure, que l'on a si grand tort d'enlever, est en même temps la cuirasse et la sauvegarde du canon; non-seulement elle lui donne toute la force de résistance qu'il

doit avoir, mais elle le défend encore de la rouille, qui ronge en peu de temps ces canons tournés : on a beau les lustrer avec de l'huile, les peindre, ou les polir; comme la matière de la surface extérieure est aussi tendre que tout le reste, la rouille y mord avec mille fois plus d'avantage que sur ceux dont la surface est garantie par la trempe. Lorsque je fus donc convaincu par mes propres observations du préjudice que portoit à nos canons cette mauvaise pratique, je donnai au ministre mon avis motivé pour qu'elle fût proscrite; mais je ne crois pas qu'on ait suivi cet avis, parce qu'il s'est trouvé plusieurs personnes, très éclairées d'ailleurs, et nommément M. de Morogues, qui ont pensé différemment. Leur opinion, si contraire à la mienne, est fondée sur ce que la trempe rend le fer plus cassant, et dès-lors ils regardent la couche extérieure comme la plus foible et la moins résistante de toutes les parties de la pièce, et concluent qu'on ne lui fait pas grand tort de l'enlever; ils ajoutent que, si l'on veut même remédier à ce tort, il n'y a qu'à donner aux canons quelques lignes d'épaisseur de plus.

J'avoue que je n'ai pu me rendre à ces raisons. Il faut distinguer dans la trempe, comme dans toute autre chose, plusieurs états et même plusieurs nuances. Le fer et l'acier chauffés à blanc et trempés subitement dans une eau très froide deviennent très cassants; trempés dans une eau moins froide, ils sont beaucoup moins cassants; et dans de l'eau chaude, la trempe ne leur donne aucune fragilité sensible. J'ai sur cela des expériences qui me paroissent décisives. Pendant l'été dernier, 1772, j'ai fait tremper dans l'eau de la rivière, qui étoit assez chaude pour s'y baigner, toutes les barres de fer qu'on forgeoit à un des feux de ma forge; et comparant ce fer avec celui qui n'étoit pas trempé, la différence du grain n'en étoit pas sensible, non plus que celle de leur résistance à la masse, lorsqu'on les cassoit. Mais ce même fer, travaillé de la même façon par les mêmes ouvriers et trempé cet hiver dans l'eau de la même rivière qui étoit presque glacée partout, est non-seulement devenu fragile, mais a perdu en même temps tout

son nerf, en sorte qu'on auroit cru que ce n'étoit plus le même fer. Or la trempe qui se fait à la surface du canon n'est assurément pas une trempe à froid; elle n'est produite que par la petite humidité qui sort du moule déja bien séché : il ne faut donc pas en raisonner comme d'une autre trempe à froid, ni en conclure qu'elle rend cette couche extérieure beaucoup plus cassante qu'elle ne le seroit sans cela. Je supprime plusieurs autres raisons que je pourrois alléguer, parce que la chose me paroît assez claire.

Un autre objet, et sur lequel il n'est pas aussi facile de prononcer affirmativement, c'est la pratique où l'on est actuellement de couler les canons plein, pour les forer ensuite avec des machines difficiles à exécuter et encore plus difficiles à conduire, au lieu de les couler creux comme on le faisoit autrefois; et dans ce temps nos canons crevoient moins qu'aujourd'hui. J'ai balancé les raisons pour et contre, et je vais les présenter ici. Pour couler un canon creux, il faut établir un noyau dans le moule, et le placer avec la plus grande précision, afin que le canon se trouve partout de l'épaisseur requise et qu'un côté ne soit pas plus fort que l'autre. Comme la matière en fusion tombe entre le noyau et le moule, elle a beaucoup moins de force centrifuge, et dès-lors la qualité de la matière est moins inégale dans le canon coulé creux que dans le canon coulé plein; mais aussi cette matière, par la raison même qu'elle est moins inégale, est au total moins bonne dans le canon creux, parce que les impuretés qu'elle contient s'y trouvent mêlées partout, au lieu que, dans le canon coulé plein, cette mauvaise matière reste au centre et se sépare ensuite du canon par l'opération des forets. Je penserois donc, par cette première raison, que les canons forés doivent être préférés aux canons à noyau. Si l'on pouvoit cependant couler ceux-ci avec assez de précision pour n'être pas obligé de toucher à la surface intérieure; si, lorsqu'on tire le noyau, cette surface se trouvoit assez unie, assez égale dans toutes ses directions pour n'avoir pas besoin d'être calibrée, et par conséquent en partie détruite par l'instrument d'acier, ils auroient un grand avan-

tage sur les autres, parce que, dans ce cas, la surface intérieure se trouveroit trempée comme la surface extérieure, et dès-lors la résistance de la pièce se trouveroit bien plus grande. Mais notre art ne va pas jusque-là; on étoit obligé de ratisser à l'intérieur toutes les pièces coulées creux, afin de les calibrer : en les forant on ne fait que la même chose, et on a l'avantage d'ôter toute la mauvaise matière, qui se trouve autour du centre de la pièce coulée plein; matière qui reste, au contraire, dispersée dans toute la masse de la pièce coulée creux.

D'ailleurs les canons coulés plein sont beaucoup moins sujets aux soufflures, aux chambres, aux gerçures ou fausses soudures, etc. Pour bien couler les canons à noyau et les rendre parfaits, il faudroit des évents, au lieu que les canons pleins n'en ont aucun besoin. Comme ils ne touchent à la terre ou au sable dont leur moule est composé, que par la surface extérieure; qu'il est rare, si ce moule est bien préparé, bien séché, qu'il s'en détache quelque chose; que, pourvu qu'on ne fasse pas tomber la fonte trop précipitamment et qu'elle soit bien liquide, elle ne retient ni les bulles de l'air ni celles des vapeurs qui s'exhalent à mesure que le moule se remplit dans toute sa capacité, il ne doit pas se trouver autant de ces défauts, à beaucoup près, dans cette matière coulée plein que dans celle où le noyau, rendant à l'intérieur son air et son humidité, ne peut guère manquer d'occasioner des soufflures et des chambres, qui se formeront d'autant plus aisément que l'épaisseur de la matière est moindre, sa qualité moins bonne et son refroidissement plus subit. Jusqu'ici tout semble donc concourir à donner la préférence à la pratique de couler les canons plein. Néanmoins, comme il faut une moindre quantité de matière pour les canons creux, qu'il est dès-lors plus aisé de l'épurer au fourneau avant de la couler, que les frais des machines à forer sont immenses en comparaison de ceux des noyaux, on feroit bien d'essayer si, par le moyen des évents que je viens de proposer, on n'arriveroit pas au point de rendre les pièces coulées à noyau assez parfaites pour n'avoir

pas à craindre les soufflures, et n'être pas obligé de leur enlever la trempe de leur surface intérieure : ils seroient alors d'une plus grande résistance que les autres, auxquels on peut d'ailleurs faire quelques reproches par les raisons que je vais exposer.

Plus la fonte de fer est épurée, plus elle est compacte, dure et difficile à forer; les meilleurs outils d'acier ne l'entament qu'avec peine, et l'ouvrage de la forerie va d'autant moins vite que la fonte est meilleure. Ceux qui ont introduit cette pratique ont donc, pour la commodité de leurs machines, altéré la nature de la matière[1]; ils ont changé l'usage où l'on

[1] Sur la fin de l'année 1762, M. Maritz fit couler aux fourneaux de La Nouée en Bretagne des gueuses avec des mines de La Ferrière et de Noyal; il en examina la fonte, en dressa un procès-verbal, et sur les assurances qu'il donna aux entrepreneurs, que leur fer avoit toutes les qualités requises pour faire de bons canons, ils se déterminèrent à établir des mouleries, fonderies, décapiteries, centreries, foreries, et les tours nécessaires pour tourner extérieurement les pièces. Les entrepreneurs, après avoir formé leur établissement, ont mis les deux fourneaux en feu le 29 janvier 1765, et le 12 février suivant on commença à couler du canon de huit. M. Maritz, s'étant rendu à la forge le 21 mars, trouva que toutes ces pièces étoient *trop dures pour souffrir le forage*, et jugea à propos de changer la matière. On coula deux pièces de douze avec un nouveau mélange, et une autre pièce de douze avec un autre mélange, et encore deux autres pièces de douze avec un troisième mélange, qui parurent *si durs sous la scie et au premier foret*, que M. Maritz jugea inutile de fondre avec ces mélanges de différentes mines, et il fit un autre essai avec 11,550 livres de la mine de Noyal, 3,390 livres de la mine de La Ferrière, et 3,600 de la mine des environs, faisant en tout 18,540 livres, dont on coula, le 31 mars, une pièce de douze à trente charges basses. A la décapiterie, ainsi qu'en formant le support de la volée, M. Maritz jugea ce fer de bonne nature : mais *le forage de cette pièce fut difficile;* ce qui porta M. Maritz à faire une autre expérience.

Le 1er et le 3 avril, il fit couler deux pièces de douze pour chacune desquelles on porta trente-quatre charges composées chacune de 18,700 livres de mine de Noyal et de 2,720 livres de mine des environs; en tout 21,420 livres. Ceci démontra à M. Maritz l'impossibilité qu'il y avoit de fondre avec de la mine de Noyal seule; car, même avec ce mélange, l'intérieur du fourneau s'embarrassa au point que le laitier ne couloit plus, et que les ouvriers avoient une peine incroyable à l'arracher du fond de l'ouvrage : d'ailleurs les deux pièces provenues de cette expérience *se trouvèrent si dures au forage*, et si profondément chambrées à 18 et 20 pouces de la volée, que quand la mine de Noyal pourroit se fondre sans être alliée avec une espèce

étoit de faire de la fonte dure, et n'ont fait couler que des fontes tendres, qu'ils ont appelées *douces*, pour qu'on en sentît moins la différence. Dès-lors tous nos canons coulés plein ont été fondus de cette matière douce, c'est-à-dire d'une assez mauvaise fonte, et qui n'a pas, à beaucoup près, la pureté, la densité, la résistance qu'elle devroit avoir : j'en ai acquis la preuve la plus complète par les expériences que je vais rapporter.

Au commencement de l'année 1767, on m'envoya de la forge de La Nouée en Bretagne six tronçons de gros canons coulés plein, pesant ensemble 5,358 livres. L'été suivant, je les fis conduire à mes forges, et, en ayant cassé les tourillons, j'en trouvai la fonte d'un assez mauvais grain; ce que l'on ne pouvoit pas reconnoître sur les tranches de ces morceaux, parce qu'ils avoient été sciés avec de l'émeril ou quelque autre matière qui remplissoit les pores extérieurs. Ayant pesé cette fonte à la balance hydrostatique, je trouvai qu'elle étoit trop légère, qu'elle ne pesoit que 461 livres le pied cube, tandis que celle que l'on couloit alors à mon fourneau en pesoit 504, et que quand je la veux encore épurer elle pèse jusqu'à 520 livres le pied cube. Cette seule épreuve pouvoit

plus chaude, la fonte qui en proviendroit ne seroit cependant pas d'une nature *propre à couler des canons forables*.

Le 4 avril 1765, pour septième et dernière expérience, M. Maritz fit couler une neuvième pièce de douze en trente-six charges basses, et composées de 11,880 livres de mine de Noyal, de 7,200 livres de mine de Phlemet, et de 2,880 livres de mine des environs, en tout 21,960 livres de mine.

Après la coulée de cette dernière pièce, les ouvrages des fourneaux se trouvèrent si embarrassés qu'on fut obligé de mettre hors, et M. Maritz congédia les fondeurs et mouleurs qu'il avoit fait venir des forges d'Angoumois.

Cette dernière pièce *se fora facilement*, en donnant une limaille de belle couleur; mais, lors du forage, il se trouva des endroits *si tendres et si peu condensés*, qu'il parut plusieurs grelots de la grosseur d'une noisette, qui ouvrirent plusieurs chambres dans l'ame de la pièce.

Je n'ai rapporté les faits contenus dans cette note que pour prouver que les auteurs de la pratique du forage des canons n'ont cherché qu'à faire couler des fontes tendres, et qu'ils ont par conséquent sacrifié la matière à la forme, en rejetant toutes les bonnes fontes que leurs forets ne pouvoient entamer aisément, tandis qu'il faut au contraire chercher la matière la plus compacte et la plus dure si l'on veut avoir des canons d'une bonne résistance.

me suffire pour juger de la qualité plus que médiocre de cette fonte; mais je ne m'en tins pas là. En 1770, sur la fin de l'été, je fis construire une chaufferie plus grande que mes chaufferies ordinaires, pour y faire fondre et convertir en fer ces tronçons de canons, et l'on en vint à bout à force de vent et de charbon. Je les fis couler en petites gueuses, et après qu'elles furent refroidies, j'en examinai la couleur et le grain en les faisant casser à la masse. J'en trouvai, comme je m'y attendois, la couleur plus grise et le grain plus fin. La matière ne pouvoit manquer de s'épurer par cette seconde fusion : et en effet, l'ayant portée à la balance hydrostatique, elle se trouva peser 469 livres le pied cube; ce qui cependant n'approche pas encore de la densité requise pour une bonne fonte.

Et en effet, ayant fait convertir en fer successivement, et par mes meilleurs ouvriers, toutes mes petites gueuses refondues et provenant de ces tronçons de canons, nous n'obtînmes que du fer d'une qualité très commune, sans aucun nerf, et d'un grain assez gros, aussi différent de celui de mes forges que le fer commun l'est du bon fer.

En 1770, on m'envoya de la forge de Ruelle en Angoumois, où l'on fond actuellement la plus grande partie de nos canons, des échantillons de la fonte dont on les coule. Cette fonte a la couleur grise, le grain assez fin, et pèse 495 livres le pied cube [1]. Réduite en fer battu et forgé avec soin, j'en ai

[1] Ces morceaux de fonte envoyés du fourneau de Ruelle étoient de forme cubique de trois pouces, foibles dans toutes leurs dimensions. Le premier marqué *S*, pesoit dans l'air 7 livres 2 onces 4 gros $^1/_2$, c'est-à-dire 916 gros $^1/_2$. Le même morceau pesoit dans l'eau 6 livres 2 onces 2 gros $^1/_2$; donc le volume d'eau égal au volume de ce morceau de fonte pesoit 130 gros. L'eau dans laquelle il a été pesé pesoit elle-même 70 livres le pied cube. Or 130 gros : 70 livres : : 916 gros $^1/_2$: 493 $^5/_{13}$ livres, poids du pied cube de cette fonte. Le second morceau, marqué *P*, pesoit dans l'air 7 livres 4 onces 1 gros, c'est-à-dire 798 gros. Le même morceau pesoit dans l'eau 6 livres 3 onces 6 gros, c'est-à-dire 798 gros; donc le volume d'eau égal au volume de ce morceau de fonte pesoit 131 gros. Or 131 gros : 70 livres : : 929 gros : 496 $^{54}/_{131}$ livres, poids du pied cube de cette fonte. On observera que ces morceaux qu'on avoit voulu couler sur les dimensions d'un cube de 3 pouces étoient trop foibles : ils auroient dû contenir chacun 27 pouces cubiques; et par conséquent le pied

trouvé le grain semblable à celui du fer commun, et ne prenant que peu ou point de nerf, quoique travaillé en petites verges et passé sous le cylindre; en sorte que cette fonte, quoique meilleure que celle qui m'est venue des forges de La Nouée, n'est pas encore de la bonne fonte. J'ignore si, depuis ce temps, l'on ne coule pas aux fourneaux de Ruelle des fontes meilleures et plus pesantes; je sais seulement que deux officiers de marine[1], très habiles et zélés, ont été envoyés successivement, et qu'ils sont tous deux fort en état de perfectionner l'art et de bien conduire les travaux de cette fonderie. Mais jusqu'à l'époque que je viens de citer, et qui est bien récente, je suis assuré que les fontes de nos canons coulés plein n'étoient que de médiocre qualité, qu'une pareille fonte n'a pas assez de résistance, et qu'en lui ôtant encore le lien qui la contient, c'est-à-dire en enlevant, par les couteaux du tour, la surface trempée, il y a tout à craindre du service de ces canons.

On ne manquera pas de dire que ce sont ici des frayeurs paniques et mal fondées, qu'on ne se sert jamais que des canons qui ont subi l'épreuve, et qu'une pièce une fois éprouvée par une moitié de plus de charge ne doit ni ne peut crever à la charge ordinaire. A ceci je réponds que non-seulement cela n'est pas certain, mais encore que le contraire est beaucoup plus probable. En général, l'épreuve des canons par la poudre est peut-être la plus mauvaise méthode que l'on pût employer pour s'assurer de leur résistance. Le canon ne peut subir le trop violent effort des épreuves qu'en y cédant, autant que la cohérence de la matière le permet, sans se rompre; et comme il s'en faut bien que cette matière de la fonte soit à ressort parfait, les parties séparées par le trop grand effort ne peuvent se rapprocher ni se rétablir comme elles étoient d'abord. Cette cohésion des parties intégrantes de la fonte étant donc

cube du premier n'auroit pesé que 458 livres 4 onces; car 27 pouces : 1728 pouces : : 916 gros 1/2 : 458 livres 4 onces, et le pied cube du second n'auroit pesé que 464 livres 1/4, au lieu de 493 livres 5/18, et de 496 livres 54/181.

[1] MM. de Souville et de Vialis.

fort diminuée par le grand effort des épreuves, il n'est pas étonnant que le canon crève ensuite à la charge ordinaire; c'est un effet très simple qui dérive d'une cause tout aussi simple. Si le premier coup d'épreuve écarte les parties d'une moitié ou d'un tiers de plus que le coup ordinaire, elles se rétabliront, se réuniront moins dans la même proportion; car, quoique leur cohérence n'ait pas été détruite, puisque la pièce a résisté, il n'en est pas moins vrai que cette cohérence n'est pas si grande qu'elle étoit auparavant, et qu'elle a diminué dans la même raison que diminue la force d'un ressort imparfait: dès-lors un second ou un troisième coup d'épreuve fera éclater les pièces qui auront résisté au premier, et celles qui auront subi les trois épreuves sans se rompre ne sont guère plus sûres que les autres; après avoir subi trois fois le même mal, c'est-à-dire le trop grand écartement de leurs parties intégrantes, elles en sont nécessairement devenues bien plus foibles, et pourront par conséquent céder à l'effort de la charge ordinaire.

Un moyen bien plus sûr, bien simple, et mille fois moins coûteux, pour s'assurer de la résistance des canons, seroit d'en faire peser la fonte à la balance hydrostatique : en coulant le canon, l'on mettroit à part un morceau de la fonte; lorsqu'il seroit refroidi, on le pèseroit dans l'air et dans l'eau; et si la fonte ne pesoit pas au moins 520 livres le pied cube, on rebuteroit la pièce comme non recevable : l'on épargneroit la poudre, la peine des hommes, et on banniroit la crainte très bien fondée de voir crever les pièces souvent après l'épreuve. Étant une fois sûr de la densité de la matière, on seroit également assuré de sa résistance; et si nos canons étoient faits avec de la fonte pesant 520 livres le pied cube, et qu'on ne s'avisât pas de les tourner ni de toucher à leur surface extérieure, j'ose assurer qu'ils résisteroient et dureroient autant qu'on doit se le promettre. J'avoue que, par ce moyen, peut-être trop simple pour être adopté, on ne peut pas savoir si la pièce est saine, s'il n'y a pas dans l'intérieur de la matière des défauts, des soufflures, des cavités; mais connoissant une fois la bonté de la fonte, il suffiroit, pour s'assurer du

reste, de faire éprouver une seule fois, et à la charge ordinaire, les canons nouvellement fondus, et l'on seroit beaucoup plus sûr de leur résistance que de celle de ceux qui ont subi des épreuves violentes.

Plusieurs personnes ont donné des projets pour faire de meilleurs canons : les uns ont proposé de les doubler de cuivre, d'autres de fer battu, d'autres de souder ce fer battu avec la fonte. Tout cela peut être bon à certains égards ; et dans un art dont l'objet est aussi important et la pratique aussi difficile, les efforts doivent être accueillis, et les moindres découvertes récompensées. Je ne ferai point ici d'observations sur les canons de M. Feutry, qui ne laissent pas de demander beaucoup d'art dans leur exécution ; je ne parlerai pas non plus des autres tentatives, à l'exception de celle de M. de Souville, qui m'a paru la plus ingénieuse, et qu'il a bien voulu me communiquer par sa lettre datée d'Angoulême le 6 avril 1771, dont je donne ici l'extrait[1] : mais je dirai seulement que la soudure du cuivre avec le fer rend celui-ci beaucoup plus aigre ; que quand on soude de la fonte avec elle-même par le moyen du soufre, on la change de nature, et que la ligne de jonction des deux parties soudées n'est plus de la fonte de fer, mais de la pyrite très cassante ; et qu'en général le soufre est un intermède qu'on ne doit jamais employer lorsqu'on veut souder du fer sans en altérer la qualité. Je ne donne ceci que pour avis à ceux qui pourroient prendre cette voie

[1] « Les canons fabriqués avec des spirales ont opposé la plus grande résistance à la plus forte charge de poudre, et à la manière la plus dangereuse de les charger. Il ne manque à cette méthode, pour être bonne, que d'empêcher qu'il ne se forme des chambres dans ces bouches à feu ; cet inconvénient, il est vrai, m'obligeroit à l'abandonner si je n'y parvenois ; mais pourquoi ne pas le tenter ? Beaucoup de personnes ont proposé de faire des canons avec des doublures ou des enveloppes de fer forgé ; mais ces doublures et ces enveloppes ont toujours été un assemblage de barres inflexibles que leur forme, leur position et leur roideur rendent inutiles. La spirale n'a pas les mêmes défauts ; elle se prête à toutes les formes que prend la matière ; elle s'affaisse avec elle dans le moule ; son fer ne perd ni sa ductilité ni son ressort ; dans la commotion du *tir*, l'effort est distribué sur toute son étendue. Elle enveloppe presque toute l'épaisseur du canon, et dès-lors s'oppose à sa rupture avec une résistance de près de 30,000 livres de force. Si la fonte éprouve une

comme la plus sûre et la plus aisée pour rendre le fer fusible et en faire de grosses pièces.

Si l'on conserve l'usage de forer les canons, et qu'on les coule de bonne fonte dure, il faudra en revenir aux machines à forger de M. le marquis de Montalembert, celles de M. Maritz n'étant bonnes que pour le bronze ou la fonte de fer tendre. M. de Montalembert est encore un des hommes de France qui entend le mieux cet art de la fonderie des canons, et j'ai toujours gémi que son zèle, éclairé de toutes les connoissances nécessaires en ce genre, n'ait abouti qu'au détriment de sa fortune. Comme je vis éloigné de lui, j'écris ce mémoire sans le lui communiquer : mais je serois plus flatté de son approbation que de celle de qui que ce soit; car je ne connois personne qui entende mieux ce dont il est ici question. Si l'on mettoit en masse, dans ce royaume, les trésors de lumière que l'on jette à l'écart, ou qu'on a l'air de dédaigner, nous serions bientôt la nation la plus florissante et le peuple le plus riche. Par exemple, il est le premier qui ait conseillé de reconnoître la résistance de la fonte par sa pesanteur spécifique; il a aussi cherché à perfectionner l'art de la moulerie en sable des canons de fonte de fer, et cet art est perdu depuis qu'on a imaginé de les tourner. Avec les moules en terre dont on se servoit auparavant, la surface des canons étoit toujours chargée d'aspérités et de rugosités; M. de Montalembert avoit trouvé le moyen de faire des moules en sable qui donnoient à la surface

plus grande dilatation que le fer, elle résiste avec toute cette force; si cette dilatation est moindre, la spirale ne reçoit que le mouvement qui lui est communiqué. Ainsi, dans l'un et l'autre cas, l'effet est le même. L'assemblage des barres, au contraire, ne résiste que par les cercles qui les contiennent. Lorsqu'on en a revêtu l'ame des canons, on n'a pas augmenté la résistance de la fonte; sa tendance à se rompre a été la même; et lorsqu'on a enveloppé son épaisseur, les cercles n'ont pu soutenir également l'effort qui se partage sur tout le développement de la spirale. Les barres d'ailleurs s'opposent aux vibrations des cercles. La spirale que j'ai mise dans un canon de six, foré et éprouvé au calibre de douze, ne pesoit que 83 livres; elle avoit 2 pouces de largeur et 4 lignes d'épaisseur. La distance d'une hélice à l'autre étoit aussi de 2 pouces; elle étoit roulée à chaud sur un mandrin de fer. »

du canon tout le lisse et même le luisant qu'on pouvoit désirer. Ceux qui connoissent les arts en grand sentiront bien les difficultés qu'il a fallu surmonter pour en venir à bout, et les peines qu'il a fallu prendre pour former des ouvriers capables d'exécuter ces moules, auxquels ayant substitué le mauvais usage du tour, on a perdu un art excellent pour adopter une pratique funeste[1].

Une attention très nécessaire lorsque l'on coule du canon,

[1] L'outil à langue de carpe perce la fonte de fer avec une vitesse presque double de celle de l'outil à cylindre. Il n'est point nécessaire, avec ce premier outil, de seringuer de l'eau dans la pièce, comme il est d'usage de le faire en employant le second, qui s'échauffe beaucoup par son frottement très considérable. L'outil à cylindre seroit détrempé en peu de temps sans cette précaution : elle est même souvent insuffisante ; dès que la fonte se trouve plus compacte et plus dure, cet outil ne peut la forer. La limaille sort naturellement avec l'outil à langue de carpe, tandis qu'avec l'outil à cylindre il faut employer continuellement un crochet pour la tirer ; ce qui ne peut se faire assez exactement pour qu'il n'en reste pas entre l'outil et la pièce, ce qui la gêne et augmente encore son frottement.

Il faudroit s'attacher à perfectionner la moulerie. Cette opération est difficile, mais elle n'est pas impossible à quelqu'un d'intelligent. Plusieurs choses sont absolument nécessaires pour y réussir : 1° des mouleries plus étendues, pour y pouvoir placer plus de chantiers et y faire plus de moules à la fois, afin qu'ils puissent sécher plus lentement ; 2° une grande fosse pour les recuire debout, ainsi que cela se pratique pour les canons de cuivre, afin d'éviter que le moule ne soit arqué, et par conséquent le canon ; 3° un petit chariot à quatre roues fort basses avec des montants assez élevés pour y suspendre le moule recuit, et le transporter de la moulerie à la cuve du fourneau, comme on transporte un lustre ; 4° un juste mélange d'une terre grasse et d'une terre sableuse, tel qu'il le faut pour qu'au recuit le moule ne se fende pas de mille et mille fentes qui rendent le canon défectueux, et surtout pour que cette terre, avec cette qualité de ne pas se fendre, puisse conserver l'avantage de *s'écaler*, c'est-à-dire de se détacher du canon quand on vient à le nettoyer. Plus la terre est grasse, mieux elle *s'écale*, et plus elle se fend ; plus elle est maigre ou sableuse, moins elle se fend, mais moins elle *s'écale*. Il y a des moules de cette terre qui se tiennent si fort attachés au canon, qu'on ne peut, avec le marteau et le ciseau, en emporter que la plus grosse partie ; ces sortes de canons restent encore plus vilains que ceux cicatrisés par les fentes innombrables des moules de terre grasse. Ce mélange de terre est donc très difficile, il demande beaucoup d'attention, d'expérience ; et ce qu'il y a de fâcheux, c'est que les expériences dans ce genre, faites pour les petits calibres, ne concluent rien pour les gros. Il n'est jamais difficile de faire écaler de petits canons avec un mélange sableux ; mais ce même mélange ne peut plus être employé dès que les calibres passent celui de douze ; pour ceux de trente-six surtout, il est très difficile d'attraper le point du mélange.

c'est d'empêcher les écumes qui surmontent la fonte de tomber avec elle dans le moule. Plus la fonte est légère, et plus elle fait d'écume; et l'on pourroit juger, à l'inspection même de la coulée, si la fonte est de bonne qualité : car alors sa surface est lisse et ne porte point d'écume. Mais, dans tous ces cas, il faut avoir soin de comprimer la matière coulante par plusieurs torches de paille placées dans les coulées, avec cette précaution il ne passe que peu d'écumes dans le moule; et si la fonte étoit dense et compacte, il n'y en auroit point du tout. La bourre de la fonte ne vient ordinairement que de ce qu'elle est trop crue et trop précipitamment fondue. D'ailleurs la matière la plus pesante sort la première du fourneau; la plus légère vient la dernière : la culasse du canon est, par cette raison, toujours d'une meilleure matière que les parties supérieures de la pièce; mais il n'y aura jamais de bourre dans le canon si, d'une part, on arrête les écumes par les torches de paille, et qu'en même temps on lui donne une forte masselotte de matière excédante, dont il est même aussi nécessaire qu'utile qu'il reste encore, après la coulée, trois ou quatre quintaux en fusion dans le creuset : cette fonte qui reste y entretient la chaleur; et comme elle est encore mêlée d'une assez grande quantité de laitier, elle conserve le fond du fourneau, et empêche la mine fondante de brûler en s'y attachant

Il me paroît qu'en France on a souvent fondu les canons avec des mines en roche, qui toutes contiennent une plus ou moins grande quantité de soufre; et comme l'on n'est pas dans l'usage de les griller dans nos provinces où le bois est cher, ainsi qu'il se pratique dans les pays du Nord où le bois est commun, je présume que la qualité cassante de la fonte de nos canons de la marine pourroit aussi provenir de ce soufre qu'on n'a pas soin d'enlever à la mine avant de la jeter au fourneau de fusion. Les fonderies de Ruelle en Angoumois, de Saint-Gervais en Dauphiné, et de Baigorry dans la Basse-Navarre, sont les seules dont j'aie connoissance, avec celle de la Nouée en Bretagne, dont j'ai parlé, et où je crois que le travail est cessé : dans toutes quatre, je crois qu'on ne s'est servi et qu'on

ne se sert encore que des mines en roche, et je n'ai pas ouï dire qu'on les grillât ailleurs qu'à Saint-Gervais et à Baigorry. J'ai tâché de me procurer des échantillons de chacune de ces mines, et au défaut d'une assez grande quantité de ces échantillons, tous les renseignements que j'ai pu obtenir par la voie de quelques amis intelligents. Voici ce que m'a écrit M. de Morogues au sujet des mines qu'on emploie à Ruelle :

« La première est dure, compacte, pesante, faisant feu avec l'acier, de couleur rouge brun, formée par deux couches d'inégale épaisseur, dont l'une est spongieuse, parsemée de trous ou cavités, d'un velouté violet foncé, et quelquefois d'un bleu indigo à sa cassure, ayant des mamelons teignant en rouge de sanguine ; caractères qui peuvent la faire ranger dans la septième classe de l'art des forges, comme une espèce de pierre hématite : mais elle est riche et douce.

« La seconde ressemble assez à la précédente pour la pesanteur, la dureté et la couleur : mais elle est un peu *salardée* (on appelle *salard* ou mine salardée celle qui a des grains de sable clair, et qui est mêlée de sable gris blanc, de caillou et de fer). Elle est riche en métal ; employée avec de la mine très douce, elle fond très facilement : son tissu à sa cassure est strié et parsemé quelquefois de cavités d'un brun noir. Elle paroît de la sixième espèce de la mine rougeâtre dans l'art des forges.

« La troisième, qu'on nomme dans le pays *glacieuse*, parce qu'elle a ordinairement quelques-unes de ses faces lisses et douces au toucher, n'est ni fort pesante ni fort riche ; elle a communément quelques petits points noirs et luisants, d'un grain semblable au maroquin. Sa couleur est variée ; elle a du rouge assez vif, du brun, du jaune, un peu de vert, et quelques cavités. Elle paroît, à cause de ses faces unies et luisantes, avoir quelque rapport à la mine spéculaire de la huitième espèce.

« La quatrième, qui fournit d'excellent fer, mais en petite quantité, est légère, spongieuse, assez tendre, d'une couleur brune presque noire, ayant quelques mamelons, et sablonneuse :

elle paroît être une sorte de mine limoneuse de la onzième espèce.

« La cinquième est une mine salardée, faisant beaucoup de feu avec l'acier, dure, compacte, pesante, parsemée à la cassure de petits points brillants, qui ne sont que du sable de couleur de lie de vin. Cette mine est difficile à fondre : la qualité de son fer passe pour n'être pas mauvaise; mais elle en produit peu. Les ouvriers prétendent qu'il n'y a pas moyen de la fondre seule, et que l'abondance des crasses qui s'en séparent l'agglutine à l'ouvrage du fourneau. Cette mine ne paroît pas avoir de ressemblance bien caractérisée avec celle dont Swedenborg a parlé.

« On emploie encore un grand nombre d'autres espèces de mines; mais elles ne diffèrent des précédentes que par moins de qualité, à l'exception d'une certaine ocre martiale, qui peut fournir ici une sixième classe. Cette mine est assez abondante dans les minières : elle est aisée à tirer; on l'enlève comme la terre. Elle est jaune, et quelquefois mêlée de petites grenailles; elle fournit peu de fer : elle est très douce. On peut la ranger dans la douzième espèce de l'art des forges.

« La gangue de toutes les mines du pays est une terre vitrifiable, rarement argileuse. Toutes ces espèces de mines sont mêlées, et le terrain dont on les tire est presque tout sableux.

« On appelle *schiffre* en Angoumois un caillou assez semblable aux pierres à feu, et qui en donne beaucoup quand on le frappe avec l'acier. Il est d'un jaune clair, fort dur : il tient quelquefois à des matières qui peuvent avoir du fer; mais ce n'est point le schiste.

« La castine est une vraie pierre calcaire assez pure, si l'on en peut juger par l'uniformité de sa cassure et de sa couleur, qui est gris blanc; elle est pesante, assez dure, et prend un poli fort doux au toucher. »

Par ce récit de M. de Morogues, il me semble qu'il n'y a que la sixième espèce qui ne demande pas à être grillée, mais seulement bien lavée avant de la jeter au fourneau.

Au reste, quoique, généralement parlant, et comme je l'ai

dit, les mines en roche, et qui se trouvent en grandes masses solides, doivent leur origine à l'élément du feu, néanmoins il se trouve aussi plusieurs mines de fer en assez grosses masses qui se sont formées par le mouvement et l'intermède de l'eau. On distinguera, par l'épreuve de l'aimant, celles qui ont subi l'action du feu, car elles seront toujours magnétiques: au lieu que celles qui ont été produites par la stillation des eaux ne le sont point du tout, et ne le deviendront qu'après avoir été bien grillées et presque liquéfiées. Ces mines en roche, qui ne sont point attirables par l'aimant, ne contiennent pas plus de soufre que nos mines en grains : l'opération de les griller, qui est très coûteuse, doit dès-lors être supprimée, à moins qu'elle ne soit nécessaire pour attendrir ces pierres de fer assez pour qu'on puisse les concasser sous les pilons du bocard.

J'ai tâché de présenter dans ce mémoire tout ce que j'ai cru qui pourroit être utile à l'amélioration des canons de notre marine; je sens en même temps qu'il reste beaucoup de choses à faire, surtout pour se procurer dans chaque fonderie une fonte pure et assez compacte pour avoir une résistance supérieure à toute explosion. Cependant je ne crois pas du tout que cela soit impossible, et je pense qu'en purifiant la fonte de fer autant qu'elle peut l'être, l'on arriveroit au point que la pièce ne feroit que se fendre au lieu d'éclater par une trop forte charge. Si on obtenoit une fois ce but, il ne nous resteroit plus rien à craindre ni rien à désirer à cet égard.

FIN DE LA PARTIE EXPÉRIMENTALE.

PARTIE HYPOTHÉTIQUE.

PREMIER MÉMOIRE.

Recherches sur le refroidissement de la terre et des planètes.

En supposant, comme tous les phénomènes paroissent l'indiquer, que la terre ait autrefois été dans un état de liquéfaction causé par le feu, il est démontré par nos expériences que si le globe étoit entièrement composé de fer ou de matière ferrugineuse [1], il ne se seroit consolidé jusqu'au centre qu'en 4026 ans, refroidi au point de pouvoir le toucher sans se brûler en 46991 ans, et qu'il ne se seroit refroidi au point de la température actuelle qu'en 100696 ans; mais comme la terre, dans tout ce qui nous est connu, nous paroît être composée de matières vitrescibles et calcaires qui se refroidissent en moins de temps que les matières ferrugineuses, il faut, pour approcher de la vérité autant qu'il est possible, prendre les temps respectifs du refroidissement de ces différentes matières tels que nous les avons trouvés par les expériences du second mémoire, et en établir le rapport avec celui du refroidissement du fer. En n'employant dans cette somme que le verre, le grès, la pierre calcaire dure, les marbres et les matières ferrugineuses, on trouvera que le globe terrestre s'est consolidé jusqu'au centre en 2905 ans environ, qu'il s'est refroidi au point de pouvoir le toucher en 33911 ans environ, et à la température actuelle en 74047 ans environ.

J'ai cru ne devoir pas faire entrer dans cette somme des rapports du refroidissement des matières qui composent le globe ceux de l'or, de l'argent, du plomb, de l'étain, du zinc, de l'antimoine et du bismuth, parce que ces matières ne font, pour ainsi dire, qu'une partie infiniment petite du globe.

[1] Premier et huitième mémoires.

De même je n'ai point fait entrer les rapports du refroidissement des glaises, des ocres, des craies et des gypses, parce que ces matières n'ayant que peu ou point de dureté, et n'étant que des détriments des premières, ne doivent pas être mises au rang de celles dont le globe est principalement composé, qui, prises généralement, sont concrètes, dures et très solides, et que j'ai cru devoir réduire aux matières vitrescibles, calcaires et ferrugineuses, dont le refroidissement mis en somme, d'après la table que jen ai donnée [1], est à celui du fer : : 50516 : 70000 pour pouvoir les toucher, et : : 51475 : 70000 pour le point de la température actuelle. Ainsi, en partant de l'état de la liquéfaction, il a dû s'écouler 2905 ans avant que le globe de la terre fût consolidé jusqu'au centre; de même il s'est écoulé 33911 ans avant que sa surface fût assez refroidie pour pouvoir la toucher, et 74047 ans avant que sa chaleur propre ait diminué au point de la température actuelle; et comme la diminution du feu ou de la très grande chaleur se fait toujours à très peu près en raison de l'épaisseur des corps ou du diamètre des globes de même densité, il s'ensuit que la lune, dont le diamètre n'est que de $\frac{3}{11}$ de celui de la terre, auroit dû se consolider jusqu'au centre en 792 ans $\frac{3}{11}$ environ, se refroidir au point de pouvoir la toucher en 9248 ans $\frac{6}{11}$ environ, et perdre assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle en 20194 ans environ, en supposant que la lune est composée des mêmes matières que le globe terrestre : néanmoins, comme la densité de la terre est à celle de la lune : : 1000 : 702, et qu'à l'exception des métaux, toutes les autres matières vitrescibles ou calcaires suivent, dans leur refroidissement, le rapport de la densité assez exactement, nous diminuerons les temps du refroidissement de la lune dans ce même rapport de 1000 à 702; en sorte qu'au lieu de s'être consolidée jusqu'au centre en 792 ans, on doit dire 556 ans environ pour le temps réel de sa consolidation jusqu'au centre, et 6492 ans pour son refroidissement au point de pouvoir la toucher, et enfin 14176 ans pour son refroidissement à la température actuelle de la

[1] Second mémoire.

terre; en sorte qu'il y a 59871 ans entre le temps de son refroidissement et celui du refroidissement de la terre, abstraction faite de la compensation qu'a dû produire sur l'une et sur l'autre la chaleur du soleil, et la chaleur réciproque qu'elles se sont envoyée.

De même le globe de Mercure, dont le diamètre n'est que $\frac{1}{3}$ de celui de notre globe, auroit dû se consolider jusqu'au centre en 968 ans $\frac{1}{3}$, se refroidir au point de pouvoir le toucher en 11301 ans environ, et arriver à celui de la température actuelle de la terre en 24682 ans environ, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle de la terre : mais sa densité étant à celle de la terre :: 2040 : 1000, il faut prolonger dans la même raison les temps de son refroidissement. Ainsi Mercure s'est consolidé jusqu'au centre en 1976 ans $\frac{8}{10}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 23054 ans, et enfin à la température actuelle de la terre en 50351 ans; en sorte qu'il y a 23696 ans entre le temps de son refroidissement et celui du refroidissement de la terre, abstraction faite de même de la compensation qu'a dû faire à la perte de sa chaleur propre la chaleur du soleil, duquel il est plus voisin qu'aucune autre planète.

De même le diamètre du globe de Mars n'étant que de $\frac{13}{25}$ de celui de la terre, il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 1510 ans $\frac{3}{5}$ environ, se refroidir au point de pouvoir le toucher en 17634 ans environ, et arriver à celui de la température actuelle de la terre en 38504 ans environ, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle de la terre; mais sa densité étant à celle du globe terrestre :: 730 : 1000, il faut diminuer dans la même raison les temps de son refroidissement. Ainsi Mars sera consolidé jusqu'au centre en 1102 ans $\frac{18}{25}$ environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 12873 ans, et enfin à la température actuelle de la terre en 28108 ans; en sorte qu'il y a 45839 ans entre le temps de son refroidissement et celui de la terre, abstraction faite de la différence qu'a dû produire la chaleur du soleil sur ces deux planètes.

De même le diamètre du globe de Vénus étant $\frac{17}{18}$ du diamètre

de notre globe, il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 2744 ans environ, se refroidir au point de pouvoir le toucher en 32027 ans environ, et arriver à celui de la température actuelle de la terre en 69933 ans, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle de la terre; mais sa densité étant à celle du globe terrestre :: 1270 : 1000, il faut augmenter dans la même raison les temps de son refroidissement. Ainsi Vénus ne se sera consolidée jusqu'au centre qu'en 3484 ans $\frac{22}{25}$ environ, refroidie au point de pouvoir la toucher en 40674 ans, et enfin à la température actuelle de la terre en 88815 ans environ; en sorte que ce ne sera que dans 14768 ans que Vénus sera au même point de température qu'est actuellement la terre, toujours abstraction faite de la différente compensation qu'a dû faire la chaleur du soleil sur l'une et sur l'autre.

Le diamètre du globe de Saturne étant à celui de la terre :: 9 $\frac{1}{2}$: 1, il s'ensuit que, malgré son grand éloignement du soleil, il est encore bien plus chaud que la terre; car, abstraction faite de cette légère différence, causée par la moindre chaleur qu'il reçoit du soleil, il se trouve qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 27597 ans $\frac{1}{2}$, se refroidir au point de pouvoir le toucher en 322154 ans $\frac{1}{2}$, et arriver à celui de la température actuelle en 703446 ans $\frac{1}{3}$, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle du globe terrestre; mais sa densité n'étant à celle de la terre que :: 184 : 1000, il faut diminuer dans la même raison les temps de son refroidissement. Ainsi Saturne se sera consolidé jusqu'au centre en 5078 ans environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 59276 ans environ, et enfin à la température actuelle en 129434 ans; en sorte que ce ne sera que dans 55387 ans que Saturne sera refroidi au même point de température qu'est actuellement la terre, abstraction faite non-seulement de la chaleur du soleil, mais encore de celle qu'il a dû recevoir de ses satellites et de son anneau.

De même, le diamètre de Jupiter étant onze fois plus grand que celui de la terre, il s'ensuit qu'il est encore bien plus chaud que Saturne, parce que, d'une part, il est plus gros et que, d'autre part, il est moins éloigné du soleil; mais, en

ne considérant que sa chaleur propre, on voit qu'il n'auroit dû se consolider jusqu'au centre qu'en 31955 ans, ne se refroidir au point de pouvoir le toucher qu'en 373021 ans, et n'arriver à celui de la température de la terre qu'en 814514 ans, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle du globe terrestre; mais sa densité n'étant à celle de la terre que : : 292 : 1000, il faut diminuer dans la même raison le temps de son refroidissement. Ainsi Jupiter se sera consolidé jusqu'au centre en 9331 ans $\frac{1}{3}$ environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 108922 ans, et enfin à la température actuelle en 237838 ans; en sorte que ce ne sera que dans 163791 ans que Jupiter se sera refroidi au même point de température qu'est actuellement la terre, abstraction faite de la compensation, tant par la chaleur du soleil que par la chaleur de ses satellites.

Ces deux planètes, Jupiter et Saturne, quoique les plus éloignées du soleil, doivent donc être beaucoup plus chaudes que la terre, qui néanmoins, à l'exception de Vénus, est de toutes les autres planètes celle qui est actuellement la moins froide. Mais les satellites de ces deux grosses planètes auront, comme la lune, perdu leur chaleur propre en beaucoup moins de temps, et dans la proportion de leur diamètre et de leur densité; il y a seulement une double compensation à faire sur cette perte de la chaleur intérieure des satellites, d'abord par celle du soleil, et ensuite par la chaleur de la planète principale, qui a dû, surtout dans le commencement et encore aujourd'hui, se porter sur ses satellites, et les réchauffer à l'extérieur beaucoup plus que celle du soleil.

Dans la supposition que toutes les planètes aient été formées de la matière du soleil, et projetées hors de cet astre dans le même temps, on peut prononcer sur l'époque de leur formation, par le temps qui s'est écoulé pour leur refroidissement. Ainsi la terre existe, comme les autres planètes, sous une forme solide et consistante à la surface, au moins depuis 74047 ans, puisque nous avons démontré qu'il faut ce même temps pour refroidir au point de la température actuelle un globe en incandescence, qui seroit de la même grosseur que

le globe terrestre, et composé des mêmes matières. Et comme la déperdition de la chaleur, de quelque degré qu'elle soit, se fait en même raison que l'écoulement du temps, on ne peut guère douter que cette chaleur de la terre ne fût double, il y a 37023 ans $\frac{1}{2}$, de ce qu'elle est aujourd'hui, et qu'elle n'ait été triple, quadruple, centuple, etc., dans des temps plus reculés, à mesure qu'on se rapproche de la date de l'état primitif de l'incandescence générale. Sur les 74047 ans, il s'est, comme nous l'avons dit, écoulé 2905 ans avant que la masse entière de notre globe fût consolidée jusqu'au centre. L'état d'incandescence, d'abord avec flammes, et ensuite avec lumière rouge à la surface, a duré tout ce temps, après lequel la chaleur, quoique obscure, ne laissoit pas d'être assez forte pour enflammer les matières combustibles, pour rejeter l'eau et la dissiper en vapeurs, pour sublimer les substances volatiles, etc. Cet état de grande chaleur sans incandescence a duré 33911 ans; car nous avons démontré, par les expériences du premier mémoire, qu'il faudroit 42964 ans à un globe de fer gros comme la terre, et chauffé jusqu'au rouge, pour se refroidir au point de pouvoir le toucher sans se brûler; et, par les expériences du second mémoire, on peut conclure que le rapport du refroidissement à ce point des principales matières qui composent le globe terrestre est à celui du refroidissement du fer : : 50516 : 70000. Or, 70000 : 50516 : : 42964 : 33911, à très peu près. Ainsi le globe terrestre, très opaque aujourd'hui, a d'abord été brillant de sa propre lumière pendant 2905 ans, et ensuite sa surface n'a cessé d'être assez chaude pour brûler qu'au bout de 33911 autres années. Déduisant donc ce temps sur 74047 ans qu'a duré le refroidissement de la terre au point de la température actuelle, il reste 40136 ans. C'est de quelques siècles après cette époque que l'on peut, dans cette hypothèse, dater la naissance de la nature organisée sur le globe de la terre; car il est évident qu'aucun être vivant ou organisé n'a pu exister, et encore moins subsister, dans un monde où la chaleur étoit encore si grande qu'on ne pouvoit, sans se brûler, en toucher la surface, et que par conséquent ce n'a été qu'après

la dissipation de cette chaleur trop forte que la terre a pu nourrir des animaux et des plantes.

La lune, qui n'a que $\frac{3}{11}$ du diamètre de notre globe, et que nous supposons composée d'une matière dont la densité n'est à celle de la terre que :: 702 : 1000, a dû parvenir à ce premier moment de chaleur bénigne et productive bien plus tôt que la terre, c'est-à-dire quelque temps après les 6492 ans qui se sont écoulés avant son refroidissement au point de pouvoir, sans se brûler, en toucher la surface.

Le globe terrestre se seroit donc refroidi du point d'incandescence au point de la température actuelle en 74047 ans, supposé que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre : mais, d'une part, le soleil envoyant constamment à la terre une certaine quantité de chaleur, l'accession ou le gain de cette chaleur extérieure a dû compenser en partie la perte de sa chaleur intérieure; et, d'autre part, la lune, dont la surface, à cause de sa proximité, nous paroît aussi grande que celle du soleil, étant aussi chaude que cet astre dans le temps de l'incandescence générale, envoyoit en ce moment à la terre autant de chaleur que le soleil même; ce qui fait une seconde compensation qu'on doit ajouter à la première, sans compter la chaleur envoyée dans le même temps par les cinq autres planètes, qui semble devoir ajouter encore quelque chose à cette quantité de chaleur extérieure que reçoit et qu'a reçue la terre dans les temps précédents, abstraction faite de toute compensation par la chaleur extérieure à la perte de la chaleur propre à chaque planète; elles se seroient donc refroidies dans l'ordre suivant :

A POUVOIR EN TOUCHER LA SURFACE SANS SE BRULER.			A LA TEMPÉRATURE actuelle DE LA TERRE.	
LE GLOBE TERRESTRE. . . .	en	83911 ans.	En.	74047 ans.
LA LUNE.	en	6432	En.	14176
MERCURE.	en	23054	En.	50351
VÉNUS.	en	40674	En.	88815
MARS.	en	12873	En.	28108
JUPITER.	en	108922	En.	237838
SATURNE.	en	59276	En.	129434

Mais on verra que ces rapports varieront par la compensation que la chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre de toutes les planètes.

Pour estimer la compensation que fait l'accession de cette chaleur extérieure envoyée par le soleil et les planètes, à la perte de la chaleur intérieure de chaque planète en particulier, il faut commencer par évaluer la compensation que la chaleur du soleil seul a faite à la perte de la chaleur propre du globe terrestre. On a fait une estimation assez précise de la chaleur qui émane actuellement de la terre et de celle qui lui vient du soleil; on a trouvé, par des observations très exactes, et suivies pendant plusieurs années, que cette chaleur, qui émane du globe terrestre, est en tout temps et en toutes saisons bien plus grande que celle qu'il reçoit du soleil. Dans nos climats, et particulièrement sous le parallèle de Paris, elle paroît être en été vingt-neuf fois et en hiver quatre cent quatre-vingt-onze fois plus grande que la chaleur qui nous vient du soleil. Mais on tomberoit dans l'erreur si l'on vouloit tirer de l'un ou de l'autre de ces rapports, ou même des deux pris ensemble, le rapport réel de la chaleur propre du globe terrestre à celle qui lui vient du soleil, parce que ces rapports ne donnent que les points de la plus grande chaleur de l'été, et de la plus petite chaleur, ou, ce qui est la même chose, du plus grand froid en hiver, et qu'on ignore tous les rapports intermédiaires des autres saisons de l'année. Néanmoins ce ne seroit que de la somme de tous ces rapports, soigneusement observés chaque jour, et ensuite réunis, qu'on pourroit tirer la proportion réelle de la chaleur du globe terrestre à celle qui lui vient du soleil; mais nous pouvons arriver plus aisément à ce même but en prenant le climat de l'équateur, qui n'est pas sujet aux mêmes inconvénients, parce que les étés, les hivers et toutes les saisons y étant à peu près égales, le rapport de la chaleur solaire à la chaleur terrestre y est constant, et toujours de $\frac{1}{50}$, non-seulement sous la ligne équatoriale, mais à 5 degrés des deux côtés de cette ligne. On peut donc croire, d'après ces observations, qu'en général la chaleur de la terre

est encore aujourd'hui cinquante fois plus grande que la chaleur qui lui vient du soleil. Cette addition ou compensation de $\frac{1}{50}$ à la perte de la chaleur propre du globe n'est pas si considérable qu'on auroit été porté à l'imaginer : mais, à mesure que le globe se refroidira davantage, cette même chaleur du soleil fera une plus forte compensation, et deviendra de plus en plus nécessaire au maintien de la nature vivante, comme elle a été de moins en moins utile à mesure qu'on remonte vers les premiers temps; car, en prenant 74047 ans pour date de la formation de la terre et des planètes, il s'est écoulé peut-être plus de 35000 ans où la chaleur du soleil étoit de trop pour nous, puisque la surface de notre globe étoit encore si chaude au bout de 33911 ans qu'on n'auroit pu la toucher.

Pour évaluer l'effet total de cette compensation, qui est $\frac{1}{50}$ aujourd'hui, il faut chercher ce qu'elle a été précédemment, à commencer du premier moment lorsque la terre étoit en incandescence; ce que nous trouverons en comparant la chaleur actuelle du globe terrestre avec celle qu'il avoit dans ce temps. Or nous savons par les expériences de Newton, corrigées dans notre premier mémoire, que la chaleur du fer rouge, qui est à très peu près égale à celle du verre en incandescence, est huit fois plus grande que la chaleur de l'eau bouillante, et vingt-quatre fois plus grande que celle du soleil en été. Or cette chaleur du soleil en été, à laquelle Newton a comparé les autres chaleurs, est composée de la chaleur propre de la terre et de celle qui lui vient du soleil en été dans nos climats; et comme cette dernière chaleur n'est que $\frac{1}{29}$ de la première, il s'ensuit que de $\frac{30}{30}$ ou 1, qui représente ici l'unité de la chaleur en été, il n'en appartient au soleil que $\frac{1}{30}$, et qu'il en appartient $\frac{29}{30}$ à la terre. Ainsi la chaleur du fer rouge, qui a été trouvée vingt-quatre fois plus grande que ces deux chaleurs prises ensemble, doit être augmentée de $\frac{1}{30}$ dans la même raison qu'elle est aussi diminuée, et cette augmentation est par conséquent de $\frac{24}{30}$ ou de $\frac{4}{5}$. Nous devons donc estimer à très peu près 25 la chaleur du fer rouge, relativement à la chaleur propre et actuelle du globe terrestre qui nous sert

d'unité. On peut donc dire que, dans le temps de l'incandescence, il étoit vingt-cinq fois plus chaud qu'il ne l'est aujourd'hui, car nous devons regarder la chaleur du soleil comme une quantité constante, ou qui n'a que très peu varié depuis la formation des planètes. Ainsi la chaleur actuelle du globe étant à celle de son état d'incandescence : : 1 : 25, et la diminution de cette chaleur s'étant faite en même raison que la succession du temps, dont l'écoulement total depuis l'incandescence est de 74047 ans, nous trouverons, en divisant 74047 par 25, que, tous les 2962 ans environ, cette première chaleur du globe a diminué de $\frac{1}{25}$, et qu'elle continuera de diminuer de même jusqu'à ce qu'elle soit entièrement dissipée; en sorte qu'ayant été 25 il y a 74047 ans, et se trouvant aujourd'hui $\frac{25}{25}$ ou 1, elle sera dans 74047 autres années $\frac{1}{25}$ de ce qu'elle est actuellement.

Mais cette compensation par la chaleur du soleil, étant $\frac{1}{50}$ aujourd'hui, étoit vingt-cinq fois plus petite dans le temps que la chaleur du globe étoit vingt-cinq fois plus grande; multipliant donc $\frac{1}{50}$ par $\frac{1}{25}$, la compensation dans l'état d'incandescence n'étoit que de $\frac{1}{1250}$. Et comme la chaleur primitive du globe a diminué de $\frac{1}{25}$ tous les 2962 ans, on doit en conclure que dans les derniers 2962 ans la compensation étant $\frac{1}{50}$, et dans les premiers 2962 ans étant $\frac{1}{1250}$, dont la somme est $\frac{26}{1250}$, la compensation des temps suivants et antécédents, c'est-à-dire pendant les 2962 ans précédant les derniers, et pendant les 2962 suivant les premiers, a toujours été égale à $\frac{26}{1250}$; d'où il résulte que la compensation totale pendant les 74047 ans est $\frac{26}{1250}$ multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de 2962 ans, ce qui donne $\frac{325}{1250}$ ou $\frac{13}{50}$. C'est là toute la compensation que la chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre du globe terrestre; cette perte depuis le commencement jusqu'à la fin des 74047 ans étant 25, elle est à la compensation totale comme le temps total de la période est au temps du prolongement du refroidissement pendant cette période de 74047 ans. On aura donc 25 : $\frac{13}{50}$: : 74047 : 770 ans environ. Ainsi, au lieu de 74047 ans, on doit dire qu'il y a 74817 ans

que la terre a commencé de recevoir la chaleur du soleil et de perdre la sienne.

Le feu du soleil, qui nous paroît si considérable, n'ayant compensé la perte de la chaleur propre de notre globe que de $\frac{13}{50}$ sur 25, depuis le premier temps de sa formation, l'on voit évidemment que la compensation qu'a pu produire la chaleur envoyée par la lune et par les autres planètes à la terre est si petite, qu'on pourroit la négliger sans craindre de se tromper de plus de dix ans sur le prolongement des 74817 ans qui se sont écoulés par le refroidissement de la terre à la température actuelle. Mais, comme dans un sujet de cette espèce on peut désirer que tout soit démontré, nous ferons la recherche de la compensation qu'a pu produire la chaleur de la lune à la perte de la chaleur du globe de la terre.

La lune se seroit refroidie au point de pouvoir en toucher la surface en 6492 ans, et au point de la température actuelle de la terre en 14176 ans, en supposant que la terre se fût elle-même refroidie à ce point en 74047 ans; mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à la température actuelle qu'en 74817 ans environ, la lune n'a pu se refroidir de même qu'en 14323 ans environ, en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Ainsi sa chaleur étoit, à la fin de cette période de 14323 ans, vingt-cinq fois plus petite que dans les temps de l'incandescence; et l'on aura, en divisant 14323 par 25, 533 ans environ; en sorte que tous les 533 ans cette première chaleur de la lune a diminué de $\frac{1}{25}$, et qu'étant d'abord 25 elle s'est trouvée $\frac{25}{25}$ ou 1 au bout de 14323 ans, et de $\frac{1}{25}$ au bout de 14323 autres années; d'où l'on peut conclure que la lune, après 28646 ans, auroit été aussi refroidie que la terre le sera dans 74817 ans, si rien n'eût compensé la perte de la chaleur propre de cette planète.

Mais la lune n'a pu envoyer à la terre une chaleur un peu considérable que pendant le temps qu'a duré son incandescence et son état de chaleur, jusqu'au degré de la température actuelle de la terre, et elle seroit en effet arrivée à ce point de refroidissement en 14323 ans, si rien n'eût compensé la perte

de sa chaleur propre : mais nous démontrerons tout à l'heure que, pendant cette période de 14323 ans, la chaleur du soleil a compensé la perte de la chaleur de la lune, assez pour prolonger le temps de son refroidissement de 149 ans, et nous démontrerons de même que la chaleur envoyée par la terre à la lune, pendant cette même période de 14323 ans, a prolongé son refroidissement de 1937 ans. Ainsi la période réelle du temps du refroidissement de la lune, depuis l'incandescence jusqu'à la température actuelle de la terre, doit être augmentée de 2086 ans, et se trouve être de 16409 ans au lieu de 14323 ans.

Supposant donc la chaleur qu'elle nous envoyoit, dans le temps de son incandescence, égale à celle qui nous vient du soleil, parce que ces deux astres nous présentent chacun une surface à peu près égale, on verra que cette chaleur envoyée par la lune, étant, comme celle du soleil, $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, ne faisoit compensation dans le temps de l'incandescence que de $\frac{1}{1250}$ à la perte de la chaleur intérieure de notre globe, parce qu'il étoit lui-même en incandescence, et qu'alors sa chaleur propre étoit vingt-cinq fois plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui. Or, au bout de 16490 ans, la lune étant refroidie au même point de température que l'est actuellement la terre, la chaleur que cette planète lui envoyoit dans ce temps n'auroit pu faire qu'une compensation vingt-cinq fois plus petite que la première, c'est-à-dire de $\frac{1}{31250}$, si le globe terrestre eût conservé son état d'incandescence; mais sa première chaleur ayant diminué de $\frac{1}{25}$ tous les 2962 ans, elle n'étoit plus que de 19 $\frac{1}{2}$ environ au bout de 16499 ans. Ainsi la compensation que faisoit alors la chaleur de la lune, au lieu de n'être que de $\frac{1}{31250}$ étoit de $\frac{\frac{31250}{25}}{19\frac{1}{2}}$. En joutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier temps, c'est-à-dire $\frac{1}{1250}$ avec $\frac{\frac{19\frac{1}{2}}{25}}{31250}$ on aura $\frac{25\frac{19\frac{1}{2}}{25}}{31250}$ pour la somme de ces deux compensations, qui

étant multipliée par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donne $\frac{309\frac{3}{4}}{31250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par la lune à la terre pendant les 16409 ans. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{309\frac{3}{4}}{31250}$ :: 16409 : 62 $\frac{26}{125}$ environ. Ainsi la chaleur que la lune a envoyée sur le globe terrestre pendant 16409 ans, c'est-à-dire depuis l'état de son incandescence jusqu'à celui où elle avoit une chaleur égale à la température actuelle de la terre, n'a prolongé le refroidissement de notre globe que de 6 ans $\frac{1}{2}$ environ, qui étant ajoutés aux 74817 ans, que nous avons trouvés précédemment, font en tout 74823 $\frac{1}{2}$ environ, qu'on doit encore augmenter de 8 ans, parce que nous n'avons compté que 74047 ans, au lieu de 74817, pour le temps du refroidissement de la terre, et que 74047 ans : 770 :: 770 : 8 ans environ; et par conséquent on peut réellement assigner 74831 $\frac{1}{2}$ ou 74832 ans, à très peu près, pour le temps précis qui s'est écoulé depuis l'incandescence de la terre jusqu'à son refroidissement à la température actuelle.

On voit, par cette évaluation de la chaleur que la lune a envoyée sur la terre, combien est encore plus petite la compensation que la chaleur des cinq autres planètes a pu faire à la perte de la chaleur intérieure de notre globe : ces cinq planètes, prises ensemble, ne présentent pas à nos yeux une étendue de surface à beaucoup près aussi grande que celle de la lune seule; et quoique l'incandescence des deux grosses planètes ait duré bien plus long-temps que celle de la lune, et que leur chaleur subsiste encore aujourd'hui à un très haut degré, leur éloignement de nous est si grand, qu'elles n'ont pu prolonger le refroidissement de notre globe que d'une si petite quantité de temps, qu'on peut la regarder comme nulle, et qu'on doit s'en tenir aux 74832 ans que nous avons déterminés pour le temps réel du refroidissement de la terre à la température actuelle.

Maintenant il faut évaluer, comme nous l'avons fait pour la terre, la compensation que la chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre de la lune, et aussi la compensation que la chaleur du globe terrestre a pu faire à la perte de cette même chaleur de la lune, et démontrer, comme nous l'avons avancé, qu'on doit ajouter 2086 à la période de 14323 ans, pendant laquelle elle auroit perdu sa chaleur propre jusqu'au point de la température actuelle de la terre, si rien n'eût compensé cette perte.

En faisant donc, sur la chaleur du soleil, le même raisonnement pour la lune que nous avons fait pour la terre, on verra qu'au bout de 14323 ans la chaleur du soleil sur la lune n'étoit que comme sur la terre $\frac{1}{50}$ de la chaleur propre de cette planète, parce que sa distance au soleil et celle de la terre au même astre sont à très peu près les mêmes : dès-lors sa chaleur, dans le temps de l'incandescence, ayant été vingt-cinq fois plus grande, il s'ensuit que tous les 533 ans cette première chaleur a diminué de $\frac{1}{25}$; en sorte qu' étant d'abord 25, elle n'étoit, au bout de 14323 ans, que $\frac{25}{25}$ ou 1. Or, la compensation que faisoit la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de la lune étant $\frac{1}{50}$ au bout de 14323 ans et $\frac{1}{1250}$ dans le temps de son incandescence, on aura, en ajoutant ces deux termes, $\frac{26}{1250}$, lesquels multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{13}{50}$ pour la compensation totale pendant cette première période de 14323 ans. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{13}{50} :: 14323 : 149$ ans environ; d'où l'on voit que le prolongement du temps, pour le refroidissement de la lune par la chaleur du soleil, a été de 149 ans pendant cette première période de 14323 ans; ce qui fait en tout 14472 ans pour le temps de son refroidissement, y compris le prolongement qu'a produit la chaleur du soleil.

Mais on doit en effet prolonger encore le temps du refroidissement de cette planète, parce que l'on est assuré, même par les phénomènes actuels, que la terre lui envoie une grande

quantité de lumière, et en même temps quelque chaleur. Cette couleur terne qui se voit sur la surface de la lune quand elle n'est pas éclairée du soleil, et à laquelle les astronomes ont donné le nom de *lumière cendrée*, n'est, à la vérité, que la réflexion de la lumière solaire que la terre lui envoie; mais il faut que la quantité en soit bien considérable, pour qu'après une double réflexion elle soit encore sensible à nos yeux d'une distance aussi grande. En effet cette lumière est près de seize fois plus grande que la quantité de lumière qui nous est envoyée par la pleine lune, puisque la surface de la terre est pour la lune près de seize fois plus étendue que la surface de cette planète ne l'est pour nous.

Pour me donner l'idée nette d'une lumière seize fois plus forte que celle de la lune, j'ai fait tomber dans un lieu obscur, au milieu des miroirs d'Archimède, trente-deux images de la pleine lune, réunies sur les mêmes objets : la lumière de ces trente-deux images étoit seize fois plus forte que la lumière simple de la lune, car nous avons démontré, par les expériences du sixième mémoire, que la lumière en général ne perd qu'environ moitié par la réflexion sur une surface bien polie. Or cette lumière de trente-deux images de la lune m'a paru éclairer les objets autant et plus que celle du jour, lorsque le ciel est couvert de nuages : il n'y a donc point de nuit pour la face de la lune qui nous regarde, tant que le soleil éclaire la face de la terre qui la regarde elle-même.

Mais cette lumière n'est pas la seule émanation bégnine que la lune ait reçue et reçoive de la terre. Dans le commencement des temps, le globe terrestre étoit pour cette planète un second soleil plus ardent que le premier : comme sa distance à la terre n'est que de quatre-vingt-cinq mille lieues, et que la distance du soleil est d'environ trente-trois millions, la terre faisoit alors sur la lune un feu bien supérieur à celui du soleil. Nous ferons aisément l'estimation de cet effet en considérant que la terre présente à la lune une surface environ seize fois plus grande que le soleil, et par conséquent le globe terrestre, dans son état d'incandescence, étoit pour la lune un astre seize fois

plus grand que le soleil [1]. Or nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil et la perte de la chaleur propre de la lune pendant 14323 ans a été de $\frac{13}{50}$, et le prolongement du refroidissement de 149 ans; mais la chaleur envoyée par la terre en incandescence, étant seize fois plus grande que celle du soleil, la compensation qu'elle a faite alors étoit donc $\frac{16}{1250}$, parce que la lune étoit elle-même en incandescence, et que sa chaleur propre étoit vingt-cinq fois plus grande qu'elle n'étoit au bout de 14323 ans : néanmoins la chaleur de notre globe ayant diminué de 25 à $20\frac{4}{7}$ environ depuis son incandescence jusqu'à ce même terme de 14323 ans, il s'ensuit que la chaleur envoyée par la terre à la lune dans ce temps n'auroit fait compensation que de $\frac{12^{22}/_{25}}{1250}$ si la lune eût conservé son état d'incandescence; mais sa première chaleur ayant diminué pendant les 14323 ans de 25, la compensation que faisoit alors la chaleur de la terre, au lieu de n'être que de $\frac{12^{22}/_{25}}{1250}$ a été de $\frac{12^{22}/_{25}}{1250}$ multipliés par 25, c'est-à-dire de $\frac{322}{1250}$. En ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier temps de cette période de 14323 ans, savoir : $\frac{16}{1250}$

[1] On peut encore présenter d'une autre manière qui paroîtra peut-être plus claire les raisonnements et les calculs ci-dessus. On sait que le diamètre du soleil est à celui de la terre : : 107 : 1, leurs surfaces : : 11449 : 1, et leurs volumes : : 1225043 : 1.

Le soleil, qui est à peu près éloigné de la terre et de la lune également, leur envoie à chacune une certaine quantité de chaleur, laquelle, comme celle de tous les corps chauds, est en raison de la surface et non pas du volume. Supposant donc le soleil divisé en 1225045 petits globes, chacun gros comme la terre, la chaleur que chacun de ces petits globes enverroit à la lune seroit à celle que la chaleur lui envoie comme la surface d'un de ces petits globes est à la surface du soleil, c'est-à-dire : : 1 : 11449. Mais en mettant ce petit globe de feu à la place de la terre, il est évident que la chaleur sera augmentée dans la même raison que l'espace aura diminué. Or la distance du soleil et celle de la terre à la lune sont entre elles : : 7200 : 17, dont les carrés sont : : 51840000 : 289. Donc la chaleur que le petit globe de feu placé à 85000 lieues de distance de la lune lui enverroit, seroit à celle qu'il lui envoyoit auparavant : : 179377 : 1. Mais nous avons vu que la surface de ce petit globe n'étoit à celle du soleil que : : 1 : 11449; ainsi la quantité de chaleur que sa surface enverroit vers la lune est 11449 fois plus petite que celle du soleil. Divisant donc 179377 par 11449, il se trouve que cette chaleur envoyée par la terre en incandescence à la lune étoit $15\,^{2}/_{3}$, c'est-à-dire environ seize fois plus forte que celle du soleil.

et $\frac{332}{1250}$, on aura $\frac{338}{1250}$ pour la somme de ces deux termes de compensation, qui étant multipliée par $12 \frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donne $\frac{4225}{1250}$ ou $3 \frac{19}{50}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par la terre à la lune pendant les 14323 ans; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : 3 \frac{19}{50} :: 14323 : 1937$ ans environ. Ainsi la chaleur de la terre a prolongé de 1937 ans le refroidissement de la lune pendant la première période de 14323 ans; et la chaleur du soleil l'ayant aussi prolongé de 149 ans, la période du temps réel qui s'est écoulé depuis l'incandescence jusqu'au refroidissement de la lune à la température actuelle de la terre, est de 16409 ans environ.

Voyons maintenant combien la chaleur du soleil et celle de la terre ont compensé la perte de la chaleur propre de la lune dans la période suivante, c'est-à-dire pendant les 14323 ans qui se sont écoulés depuis la fin de la première période, où sa chaleur auroit été égale à la température actuelle de la terre, si rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre.

La compensation par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de la lune étoit $\frac{1}{50}$ au commencement, et $\frac{26}{50}$ à la fin de cette seconde période. La somme de ces deux termes est $\frac{26}{50}$, qui étant multipliée par $12 \frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donne $\frac{325}{50}$ ou $6 \frac{1}{2}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant la seconde période de 14323 ans. Mais la lune ayant perdu, pendant ce temps, 25 de sa chaleur propre, et la perte de la chaleur propre étant à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 6 \frac{1}{2} :: 14323 : 3724$ ans. Ainsi le prolongement du temps pour le refroidissement de la lune par la chaleur du soleil, ayant été de 149 ans dans la première période, a été de 3728 ans pour la seconde période de 14323 ans.

Et à l'égard de la compensation produite par la chaleur de la terre pendant cette même seconde période de 14323 ans, nous

avons vu qu'au commencement de cette seconde période, la chaleur propre du globe terrestre étant de $20\frac{1}{7}$, la compensation qu'elle a faite alors a été de $\frac{322\,2/7}{1250}$. Or la chaleur de la terre ayant diminué pendant cette seconde période de $20\frac{1}{7}$ à $15\frac{2}{7}$, la compensation n'eût été que de $\frac{244\,13/28}{1250}$ environ à la fin de cette période, si la lune eût conservé le degré de chaleur qu'elle avoit au commencement de cette même période : mais comme sa chaleur propre a diminué de $\frac{25}{25}$ à $\frac{1}{25}$ pendant cette seconde période, la compensation produite par la chaleur de la terre, au lieu de n'être que de $\frac{244\,13/28}{1250}$, a été de $\frac{6111\,17/28}{1250}$ à la fin de cette seconde période; en ajoutant les deux termes de compensation du premier et du dernier temps de cette seconde période, c'est-à-dire $\frac{322\,2/7}{1250}$ et $\frac{6111\,17/28}{1250}$, on aura $\frac{6433\,6/7}{1250}$, qui étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{80423}{1250}$ ou $64\frac{1}{3}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par la terre à la lune dans cette seconde période; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 64\frac{1}{3} :: 14323 : 38057$ ans environ. Ainsi le prolongement du refroidissement de la lune par la chaleur de la terre, qui a été de 1937 ans pendant la première période, se trouve de 38057 ans environ pour la seconde période de 14323 ans.

A l'égard du moment où la chaleur envoyée par le soleil à la lune a été égale à sa chaleur propre, il ne s'est trouvé ni dans la première ni dans la seconde période de 14323 ans, mais dans la troisième précisément, au second terme de cette troisième période, qui, multiplié par $572\frac{23}{25}$, donne $1145\frac{21}{25}$; lesquels, ajoutés aux 28646 années des deux périodes, font 29791 ans $\frac{21}{25}$. Ainsi c'est dans l'année 29792 de la formation des planètes que l'accession de la chaleur du soleil a commencé à égaler, et ensuite surpasser la déperdition de la chaleur propre de la lune.

Le refroidissement de cette planète a donc été prolongé pendant la première période, 1° de 149 ans par la chaleur du soleil; 2° de 1937 ans par la chaleur de la terre, et, dans la

13.

seconde période, le refroidissement de la lune a été prolongé; 3° de 3724 ans par la chaleur du soleil, et 4° de 38057 ans par la chaleur de la terre. En ajoutant ces quatre termes, on aura 43867 ans, qui, étant joints aux 28646 ans des deux périodes, font en tout 72513 ans : d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 72513, c'est-à-dire il y a 2318 ans, que la lune a été refroidie au point de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle du globe de la terre.

La plus grande chaleur que nous ayons comparée à celle du soleil ou de la terre est la chaleur du fer rouge; et nous avons trouvé que cette chaleur extrême n'est néanmoins que vingt-cinq fois plus grande que la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que notre globe, lorsqu'il étoit en incandescence, ayant 25 de chaleur, n'en a plus que la vingt-cinquième partie, c'est-à-dire $\frac{25}{25}$ ou 1; et, en supposant la première période 74047 ans, on doit conclure que, dans une seconde période semblable de 74047 ans, cette chaleur ne sera plus que $\frac{1}{25}$ de ce qu'elle étoit à la fin de la première période, c'est à-dire il y a 785 ans. Nous regarderons le terme $\frac{1}{25}$ comme celui de la plus petite chaleur, de la même façon que nous avons pris 25 comme celui de la plus forte chaleur dont un corps solide puisse être pénétré. Cependant ceci ne doit s'entendre que relativement à notre propre nature et à celle des êtres organisés : car cette chaleur $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre est encore double de celle qui nous vient du soleil, ce qui fait une chaleur considérable, et qui ne peut être regardée comme très petite que relativement à celle qui est nécessaire au maintien de la nature vivante; car il est démontré, même par ce que nous venons d'exposer, que si la chaleur actuelle de la terre étoit vingt-cinq fois plus petite qu'elle ne l'est, toutes les matières fluides du globe seroient gelées, et qui ni l'eau, ni la sève, ni le sang, ne pourroient circuler; et c'est par cette raison que j'ai regardé le terme $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe comme le point de la plus petite chaleur, relativement à la nature organisée, puisque de la même manière qu'elle ne peut naître dans le feu, ni exister dans la très

grande chaleur, elle ne peut de même subsister sans chaleur ou dans une trop petite chaleur. Nous tâcherons d'indiquer plus précisément les termes de froid et de chaud où les êtres vivants cesseroient d'exister: mais il faut voir auparavant comment se fera le progrès du refroidissement du globe terrestre jusqu'à ce ce point $\frac{1}{25}$ de sa chaleur actuelle.

Nous avons deux périodes de temps, chacune de 74047 ans, dont la première est écoulée, et a été prolongée de 785 ans, par l'accession de la chaleur du soleil et de celle de la lune. Dans cette première période, la chaleur propre de la terre s'est réduite de 25 à 1; et dans la seconde période, elle se réduira de 1 à $\frac{1}{25}$. Or nous n'avons à considérer dans cette seconde période que la compensation de la chaleur du soleil; car on voit que la chaleur de la lune est depuis long-temps si foible, qu'elle ne peut envoyer à la terre qu'une si petite quantité, qu'on la doit regarder comme nulle. Or la compensation par la chaleur du soleil, étant $\frac{1}{50}$ à la fin de la première période de la chaleur propre de la terre, sera par conséquent $\frac{25}{50}$ à la fin de la seconde période de 74047 ans : d'où il résulte que la compensation totale que produira la chaleur du soleil pendant cette seconde période sera $\frac{325}{50}$ ou $6\frac{1}{2}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $6\frac{1}{2}$ :: 74047 : 19252 environ. Ainsi la chaleur du soleil qui a prolongé le refroidissement de la terre de 770 ans pour la première période, le prolongera pour la seconde de 19352 ans.

Et le moment où la chaleur du soleil sera égale à la chaleur propre de la terre ne se trouvera pas encore dans cette seconde période, mais au second terme d'une troisième période de 74047 ans; et comme chaque terme de ces périodes est de 2962 ans, en les multipliant par 2, on a 5924 ans, lesquels ajoutés aux 148094 ans des deux premières périodes, il se trouve que ce ne sera que dans l'année 154018 de la formation des planètes que la chaleur envoyée du soleil à la terre sera égale à sa chaleur propre.

Le refroidissement du globe terrestre a donc été prolongé de 776 ans $\frac{1}{2}$ pour la première période, tant par la chaleur du soleil que par celle de la lune, et il sera encore prolongé de 19252 ans par la chaleur du soleil pour la seconde période de 74047 ans. Ajoutant ces deux termes aux 148094 ans des deux périodes, on voit que ce ne sera que dans l'année 168123 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 93271 ans que la terre sera refroidie au point de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle; tandis que la lune l'a été dans l'année 72514, c'est-à-dire il y a 2318 ans, et l'auroit été bien plus tôt si elle ne tiroit, comme la terre, des secours de chaleur que du soleil, et si celle que lui a envoyée la terre n'avoit pas retardé son refroidissement beaucoup plus que celle du soleil.

Recherchons maintenant quelle a été la compensation qu'a faite la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre des cinq autres planètes.

Nous avons vu que Mercure, dont le diamètre n'est que $\frac{1}{3}$ de celui du globe terrestre, se seroit refroidi au point de notre température actuelle en 50351 ans, dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74047 ans; mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à ce point qu'en 74832 ans, Mercure n'a pu se refroidir de même qu'en 50884 ans $\frac{4}{7}$ environ, et cela en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Mais sa distance au soleil étant à celle de la terre au même astre : : 4 : 10, il s'ensuit que la chaleur qu'il reçoit du soleil, en comparaison de celle que reçoit la terre, est : : 100 : 16, ou : : 6 $\frac{1}{4}$: 1. Dès-lors la compensation qu'a faite la chaleur du soleil lorsque cette planète étoit à la température actuelle de la terre, au lieu de n'être que $\frac{1}{50}$, étoit $\frac{6\frac{1}{4}}{50}$ et dans le temps de son incandescence, c'est-à-dire 50884 ans $\frac{4}{7}$ auparavant, cette compensation n'étoit que $\frac{6\frac{1}{4}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{6\frac{1}{4}}{50}$ et $\frac{6\frac{1}{4}}{125}$ du premier et du dernier temps de cette période, on aura $\frac{162\frac{1}{2}}{1250}$, qui étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{2031\frac{1}{4}}{1250}$ ou 1 $\frac{781\frac{1}{4}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pen-

dant cette première période de 50884 ans $\frac{4}{7}$; et, comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 1 $\frac{781\frac{1}{4}}{1250}$ :: 50884 $\frac{4}{7}$: 3307 ans $\frac{1}{2}$ environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de Mercure a été de 3307 ans $\frac{1}{2}$ pour la première période de 50884 ans $\frac{4}{7}$: d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 54192 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 20640 ans que Mercure jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Mais, dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{6\frac{1}{4}}{50}$, et à la fin $\frac{156\frac{1}{4}}{50}$, on aura, en ajoutant ces temps, $\frac{162\frac{1}{2}}{50}$, qui étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{2031\frac{1}{4}}{50}$ ou 40 $\frac{5}{8}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil dans cette seconde période; et, comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : 40 $\frac{5}{8}$ :: 50884 $\frac{4}{7}$: 82688 ans environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil a prologé et prolongera celui du refroidissement de Mercure, ayant été de 3307 ans $\frac{1}{2}$ dans la première période, sera pour la seconde de 82688 ans.

Le moment où la chaleur du soleil s'est trouvée égale à la chaleur propre de cette planète est au huitième terme de cette seconde période qui, multiplié par 2035 $\frac{2}{5}$ environ, nombre des années de chaque terme de cette période, donne 16283 ans environ, lesquels étant ajoutés aux 50884 ans $\frac{4}{7}$ de la période, ç'a été dans l'année 67167 de la formation des planètes que la chaleur du soleil a commencé de surpasser la chaleur propre de Mercure.

Le refroidissement de cette planète a donc été prolongé de 3307 $\frac{1}{2}$ pendant la première période de 50884 ans $\frac{4}{7}$, et sera prolongé de même par la chaleur du soleil de 82688 ans pour la seconde période. Ajoutant ces deux nombres d'années à celui des deux périodes, on aura 187765 ans environ : d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 187765 de la formation

des planètes que Mercure sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Vénus, dont le diamètre est $\frac{17}{18}$ de celui de la terre, se seroit refroidie au point de notre température actuelle en 88815 ans dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74047 ans; mais comme elle ne s'est réellement refroidie à la température actuelle qu'en 74832 ans, Vénus n'a pu se refroidir de même qu'en 89757 ans environ, en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Mais sa distance au soleil étant à celle de la terre au même astre comme 7 sont à 10, il s'ensuit que la chaleur que Vénus reçoit du soleil, en comparaison de celle que reçoit la terre est : : 100 : 49. Dès-lors la compensation que fera la chaleur du soleil lorsque cette planète sera à la température actuelle de la terre, au lieu de n'être que $\frac{1}{50}$, sera $\frac{2\frac{1}{50}}{50}$, et dans le temps de son incandescence, cette compensation n'a été que $\frac{2\frac{1}{50}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier temps de cette première période de 89757 ans, on aura $\frac{52\frac{1}{50}}{1250}$, qui étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{656\frac{1}{2}}{5250}$ pour la compensation totale qu'a faite et que fera la chaleur du soleil pendant cette première période de 89757 ans; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{626\frac{1}{2}}{1250}$: : 89757 : 1885 ans $\frac{1}{2}$ environ. Ainsi le prolongement du refroidissement de cette planète par la chaleur du soleil sera de 1885 ans $\frac{1}{2}$ environ pendant cette première période de 89757 ans : d'où l'on voit que ce sera dans l'année 91643 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 16811 ans, que cette planète jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{2\frac{1}{50}}{50}$ et à la fin $\frac{50\frac{1}{2}}{50}$, on aura, en ajoutant ces termes, $\frac{52\frac{13}{25}}{50}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{656\frac{1}{2}}{50}$ ou 13 $\frac{13}{100}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant cette seconde période; et,

comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 13 $\frac{43}{100}$: : 89757 : 47140 ans $\frac{2}{25}$ environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de Vénus étant pour la première période de 1885 ans $\frac{1}{2}$, sera pour la seconde de 47140 ans $\frac{2}{25}$ environ.

Le moment où la chaleur du soleil sera égale à la chaleur propre de cette planète se trouve au 24 $\frac{76}{101}$, terme de l'écoulement du temps de cette seconde période, qui, multiplié par 3590 $\frac{7}{25}$ environ, nombre des années de chaque terme de ces périodes de 89757 ans, donne 86167 ans $\frac{7}{25}$ environ; lesquels étant ajoutés aux 89757 ans de la période, on voit que ce ne sera que dans l'année 175924 de la formation des planètes que la chaleur du soleil sera égale à la chaleur propre de Vénus.

Le refroidissement de cette planète sera donc prolongé de 1885 ans $\frac{1}{2}$ pendant la première période de 89757 ans, et sera prolongé de même de 47140 ans $\frac{2}{25}$ dans la seconde période. En ajoutant ces deux nombres d'années à celui des deux périodes, qui est de 179514 ans, on voit que ce ne sera que dans l'année 228540 de la formation des planètes que Vénus sera refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Mars, dont le diamètre est $\frac{13}{25}$ de celui de la terre, se seroit refroidi au point de notre température actuelle en 28108 ans, dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74047 ans; mais comme elle ne s'est réellement refroidie à ce point qu'en 74832 ans, Mars n'a pu se refroidir qu'en 28406 ans environ, en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Mais sa distance au soleil étant à celle de la terre au même astre : : 15 : 10, il s'ensuit que la chaleur qu'il reçoit du soleil, en comparaison de celle que reçoit la terre, est : : 100 : 225, ou : : 4 : 9. Dès-lors la compensation qu'a faite la chaleur du soleil lorsque cette planète étoit à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, n'étoit que $\frac{\frac{4}{9}}{50}$; et dans le temps de l'incandescence,

cette compensation n'étoit que $\frac{\frac{1}{9}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier temps de cette première période de 28406 ans, on aura $\frac{\frac{104}{9}}{1250}$, qui étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{9}}{1250}$ ou $\frac{144\frac{4}{9}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période, et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{144\frac{4}{9}}{1250} :: 28406 : 131$ ans $\frac{3}{10}$ environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de Mars a été d'environ 131 ans $\frac{3}{10}$ pour la première période de 28406 ans : d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 28538 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 46294 ans, que Mars étoit à la température actuelle de la terre.

Mais, dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{\frac{4}{9}}{50}$, et à la fin $\frac{\frac{100}{9}}{50}$, on aura, en ajoutant ces termes $\frac{\frac{104}{9}}{50}$, qui étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{9}}{50}$ ou $\frac{144\frac{4}{9}}{50}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant cette seconde période; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{144\frac{4}{9}}{50} :: 28406 : 3382$ ans $\frac{59}{125}$ environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de Mars dans la première période, ayant été de 131 ans $\frac{3}{10}$, sera dans la seconde de 3382 ans $\frac{59}{125}$.

Le moment où la chaleur du soleil s'est trouvée égale à la chaleur propre de cette planète est au $12\frac{1}{2}$, terme de l'écoulement du temps dans cette seconde période, qui, multiplié par $1136\frac{6}{25}$, nombre des années de chaque terme de ces périodes, donne 14203 ans; lesquels étant ajoutés aux 28406 ans de la

première période, on voit que ç'a été dans l'année 32609 de la formation des planètes que la chaleur du soleil a été égale à la chaleur propre de cette planète, et que depuis ce temps elle l'a toujours surpassée.

Le refroidissement de Mars a donc été prolongé, par la chaleur du soleil, de 131 ans $\frac{2}{10}$ pendant la première période, et l'a été dans la seconde période de 3382 ans $\frac{42}{125}$. Ajoutant ces deux termes à la somme des deux périodes, on aura 60325 ans $\frac{12}{390}$ environ : d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 60326 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 14506 ans, que Mars a été refroidi à $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre.

Jupiter, dont le diamètre est onze fois plus grand que celui de la terre, et sa distance au soleil :: 52 : 10, ne se refroidira au point de la terre qu'en 237838 ans, abstraction faite de toute compensation que la chaleur du soleil et celle de ses satellites ont pu et pourront faire à la perte de sa chaleur propre, et surtout en supposant que la terre se fût refroidie au point de la température actuelle en 74047 ans; mais comme elle ne s'est réellement refroidie à ce point qu'en 74832 ans, Jupiter ne pourra se refroidir au même point qu'en 240358 ans. Et en ne considérant d'abord que la compensation faite par la chaleur du soleil sur cette grosse planète, nous verrons que la chaleur qu'elle reçoit du soleil est à celle qu'en reçoit la terre :: 100 : 2704, ou :: 25 : 676. Dès-lors la compensation que fera la chaleur du soleil lorsque Jupiter sera refroidi à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, ne sera que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$; et dans le temps de l'incandescence, cette compensation n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier temps de cette première période de 240358 ans, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8123}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{11}{676}}{1250}$ pour la compensation totale que fera la chaleur du soleil pendant cette

première période de 240358 ans ; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 12\frac{\frac{13}{676}}{1250} :: 240358 : 93$ ans environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de Jupiter ne sera que de 93 ans pour la première période de 240358 ans : d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 240451 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 165619 ans, que le globe de Jupiter sera refroidi au point de la température actuelle du globe de la terre.

Dans la seconde période, la compensation, étant au commencement $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, sera à la fin $\frac{\frac{625}{676}}{50}$. En ajoutant ces deux termes, on aura $\frac{\frac{650}{676}}{50}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{50}$ ou $12\frac{\frac{11}{676}}{50}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant cette seconde période; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 12\frac{\frac{11}{676}}{50} :: 240358 : 2311$ ans environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de Jupiter, n'étant que de 93 ans dans la première période, sera de 2311 ans pour la seconde période de 204358 ans.

Le moment où la chaleur du soleil se trouve égale à la chaleur propre de cette planète est si éloigné, qu'il n'arrivera pas dans cette seconde période, ni même dans la troisième, quoiqu'elles soient chacune de 240358 ans ; en sorte qu'au bout de 721074 ans, la chaleur propre de Jupiter sera encore plus grande que celle qu'il reçoit du soleil.

Car dans la troisième période, la compensation étant au commencement $\frac{\frac{625}{676}}{50}$, elle sera à la fin de cette même troisième

période $25\frac{\frac{77}{676}}{50}$; ce qui démontre qu'à la fin de cette troisième période, où la chaleur de Jupiter ne sera que $\frac{1}{625}$ de la chaleur actuelle de la terre, elle sera néanmoins de près de moitié plus forte que celle du soleil; en sorte que ce ne sera que dans la quatrième période, où le moment entre l'égalité de la chaleur du soleil et celle de la chaleur propre de Jupiter se trouvera au $2\frac{102}{625}$, terme de l'écoulement du temps dans cette quatrième période, qui, multiplié par 9614 $\frac{1}{25}$, nombre des années de chaque terme de ces périodes de 240358 ans, donne 19228 ans $\frac{4}{5}$ environ; lesquels, ajoutés aux 721074 ans des trois périodes précédentes, font en tout 740302 ans $\frac{4}{5}$: d'où l'on voit que ce ne sera que dans ce temps prodigieusement éloigné que la chaleur du soleil sur Jupiter se trouvera égale à sa chaleur propre.

Le refroidissement de cette grosse planète sera donc prolongé, par la chaleur du soleil, de 93 ans pour la première période, et de 2311 ans pour la seconde. Ajoutant ces deux nombres d'années aux 480716 des deux premières périodes, on aura 483120 ans : d'où il résulte que ce ne sera que dans l'année 483121 de la formation des planètes que Jupiter pourra être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Saturne, dont le diamètre est à celui du globe terrestre : : 9 $\frac{1}{2}$: 1, et dont la distance du soleil est à celle de la terre au même astre aussi : : 9 $\frac{1}{2}$: 1, perdroit de sa chaleur propre, au point de la température actuelle de la terre, en 129434 ans, dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74047 ans; mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à la température actuelle qu'en 74832 ans, Saturne ne se refroidira qu'en 130806 ans, en supposant encore que rien ne compenseroit la perte de sa chaleur propre. Mais la chaleur du soleil, quoique très foible à cause de son grand éloignement, la chaleur de ses satellites, celle de son anneau, et même celle de Jupiter, duquel il n'est qu'à une distance médiocre en comparaison de son éloignement du soleil, ont dû faire quelque compensation à la perte de sa chaleur propre, et par conséquent prolonger un peu le temps de son refroidissement.

Nous ne considèrerons d'abord que la compensation qu'a du faire la chaleur du soleil. Cette chaleur que reçoit Saturne est à celle que reçoit la terre : : 100 : 9025, ou : : 4 : 361. Dès-lors la compensation que fera la chaleur du soleil lorsque cette planète sera refroidie à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, ne sera que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$; et dans le temps de l'incandescence, cette compensation n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes, on aura $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1251}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale que fera la chaleur du soleil dans les 130806 ans de la première période; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$: : 130806 : 15 ans environ. Ainsi la chaleur du soleil ne prolongera le refroidissement de Saturne que de 15 ans pendant cette première période de 130806 ans : d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 130821 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 55989 ans, que cette planète pourra être refroidie au point de la température actuelle de la terre.

Dans la seconde période, la compensation pour la chaleur envoyée du soleil, étant au commencement $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, sera, à la fin de cette même période, $\frac{100}{361}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier temps par la chaleur du soleil dans cette seconde période, on aura $\frac{\frac{104}{361}}{50}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{50}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{50}$ pour la compensation totale que fera la chaleur

du soleil pendant cette seconde période; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{50}$ :: 130806 : 377 ans environ. Ainsi le temps dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de Saturne, étant de 15 ans pour la première période, sera de 377 ans pour la seconde. Ajoutant ensemble les 15 ans et les 377 ans dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de Saturne pendant les deux périodes de 130806 ans, on verra que ce ne sera que dans l'année 252020 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 187188 ans, que cette planète pourra être refroidie à $\frac{1}{23}$ de la chaleur actuelle de la terre.

Dans la troisième période, le premier terme de la compensation par la chaleur du soleil étant $\frac{\frac{100}{361}}{50}$ au commencement, et à la fin $\frac{\frac{2500}{361}}{50}$ ou $\frac{6\frac{334}{361}}{50}$, on voit que ce ne sera pas encore dans cette troisième période qu'arrivera le moment où la chaleur du soleil sera égale à la chaleur propre de cette planète, quoiqu'à la fin de cette troisième période elle aura perd[illegible] de sa chaleur propre, au point d'être refroidie à $\frac{1}{623}$ de la température actuelle de la terre. Mais ce moment se trouvera au septième terme $\frac{11}{50}$ de la quatrième période, qui, multiplié par 5232 ans $\frac{6}{25}$, nombre des années de chaque terme de ces périodes de 130806 ans, donne 37776 ans $\frac{12}{25}$; lesquels étant ajoutés aux trois premières périodes, dont la somme est 392418 ans, font 430194 ans $\frac{12}{25}$: d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 430195 de la formation des planètes que la chaleur du soleil se trouvera égale à la chaleur propre de Saturne.

Les périodes des temps du refroidissement de la terre et des planètes sont donc dans l'ordre suivant :

REFROIDIES A LA TEMPÉRATURE ACTUELLE.			REFROIDIES à $1/25$ de la température ACTUELLE.	
LA TERRE.	en	74832 ans.	En.	168231 ans.
LA LUNE.	en	16409	En.	72513
MERCURE.	en	54192	En.	187765
VÉNUS.	en	91643	En.	228540
MARS.	en	28538	En.	60326
JUPITER.	en	240451	En.	483121
SATURNE.	en	130821	En.	282020

On voit, en jetant un coup d'œil sur ces rapports, que, dans notre hypothèse, la lune et Mars sont actuellement les planètes les plus froides; que Saturne, et surtout Jupiter, sont les plus chaudes; que Vénus est encore bien plus chaude que la terre, et que Mercure, qui a commencé depuis long-temps à jouir d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre, est encore actuellement et sera pour long-temps au degré de chaleur qui est nécessaire pour le maintien de la nature vivante, tandis que la lune et Mars sont gelés depuis long-temps, et par conséquent impropres, depuis ce même temps, à l'existence des êtres organisés.

Je ne peux quitter ces grands objets sans rechercher encore ce qui s'est passé et se passera dans les satellites de Jupiter et de Saturne, relativement au temps du refroidissement de chacun en particulier. Les astronomes ne sont pas absolument d'accord sur la grandeur relative de ces satellites; et, pour ne parler d'abord que de ceux de Jupiter, Whiston a prétendu que le troisième de ses satellites étoit le plus grand de tous, et il l'a estimé de la même grosseur à peu près que le globe terrestre; ensuite il dit que le premier est un peu plus gros que Mars, le second un peu plus grand que Mercure, et que le quatrième n'est guère plus grand que la lune. Mais notre plus illustre astronome (Dominique Cassini) a jugé, au contraire, que le quatrième satellite étoit le plus grand de tous. Plusieurs causes concourent à cette incertitude sur la grandeur des satellites de Jupiter et de Saturne : j'en indiquerai quelques-unes dans la suite; mais je me dispenserai d'en faire ici l'énumération et la

discussion, ce qui m'éloigneroit trop de mon sujet : je me contenterai de dire qu'il me paroît plus que probable que les satellites les plus éloignés de leur planète principale sont réellement les plus grands, de la même manière que les planètes les plus éloignées du soleil sont aussi les plus grosses. Or les distances des quatre satellites de Jupiter, à commencer par le plus voisin, qu'on appelle le premier, sont, à très peu près, comme $5\frac{2}{3}$, 9, $14\frac{1}{3}$, $25\frac{1}{4}$; et leur grandeur n'étant pas encore bien déterminée, nous supposerons, d'après l'analogie dont nous venons de parler, que le plus voisin ou le premier n'est que de la grandeur de la lune, le second de celle de Mercure, le troisième de la grandeur de Mars, et le quatrième de celle du globe de la terre ; et nous allons rechercher combien le bénéfice de la chaleur de Jupiter a compensé la perte de leur chaleur propre.

Pour cela nous regarderons comme égale la chaleur envoyée par le soleil à Jupiter et à ses satellites, parce qu'en effet leurs distances à cet astre de feu sont à peu près les mêmes. Nous supposerons aussi, comme chose très plausible, que la densité des satellites de Jupiter est égale à celle de Jupiter même[1].

Cela posé, nous verrons que le premier satellite, grand comme la lune, c'est-à-dire qui n'a que $\frac{3}{11}$ du diamètre de la terre, se seroit consolidé jusqu'au centre en 792 ans $\frac{8}{11}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 9248 ans $\frac{6}{11}$, et au point de la température actuelle de la terre en 20194 ans $\frac{7}{11}$, si la densité de ce satellite n'étoit pas différente de celle de la terre ; mais comme la densité du globe terrestre est à celle de Jupiter ou de ses satellites : : 1000 : 292, il s'ensuit que le temps employé à la consolidation jusqu'au centre et au refroidissement doit être diminué dans la même raison, en sorte que ce satellite se sera consolidé en 231 ans $\frac{43}{135}$, refroidi au point d'en pouvoir toucher la surface en 2690 ans $\frac{2}{3}$, et qu'enfin il auroit perdu assez

[1] Quand même on se refuseroit à cette supposition de l'égalité de densité dans Jupiter et ses satellites, cela ne changeroit rien à ma théorie, et les résultats du calcul seroient seulement un peu différents ; mais le calcul lui-même ne seroit pas plus difficile à faire.

de sa chaleur propre pour être refroidi à la température actuelle de la terre en 5897 ans, si rien n'eût compensé cette perte de sa chaleur propre. Il est vrai qu'à cause du grand éloignement du soleil, la chaleur envoyée par cet astre sur les satellites ne pourroit faire qu'une très légère compensation, telle que nous l'avons vue sur Jupiter même. Mais la chaleur que Jupiter envoyoit à ses satellites étoit prodigieusement grande, surtout dans les premiers temps; et il est très nécessaire d'en faire ici l'évaluation.

Commençant par celle du soleil, nous verrons que cette chaleur envoyée du soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation qu'elle a faite, dans le temps de l'incandescence, n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période de 5897 ans, cette compensation n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier temps de cette première période de 5897 ans, on aura $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{11}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{12\frac{11}{676}}{1250} :: 5897 : 2$ ans $\frac{4}{15}$. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil pendant cette première période de 5897 ans n'a été que de 2 ans 97 jours.

Mais la chaleur de Jupiter, qui étoit 25 dans le temps de l'incandescence, n'avoit diminué au bout de la période de 5897 ans que de $\frac{14}{23}$ environ, et elle étoit encore alors $24\frac{9}{23}$; et comme ce satellite n'est éloigné de sa planète principale que de $5\frac{2}{3}$ demi-diamètres de Jupiter, ou de $62\frac{1}{2}$ demi-diamètres terrestres, c'est-à-dire de 89292 lieues, tandis que sa

distance au soleil est de 171 millions 600 mille lieues, la chaleur envoyée par Jupiter à son premier satellite auroit été à la chaleur envoyée par le soleil à ce même satellite comme le carré de 171600000 est au carré de 89292, si la surface que Jupiter présente à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil : mais la surface de Jupiter, qui n'est dans le réel que $\frac{121}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que ne lui paroît celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc $(89292)^2 : (171600000)^2 :: \frac{121}{11449} : 39032 \frac{1}{2}$ environ. Donc la surface que présente Jupiter à ce satellite étant 39032 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que celle que lui présente le soleil, cette grosse planète dans le temps de l'incandescence étoit pour son premier satellite un astre de feu 39032 fois $\frac{1}{2}$ plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 5897 ans il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre par la déperdition de sa chaleur propre, et que, dans le temps de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'a été que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$: il faut donc multiplier ces deux termes de compensation par 39032 $\frac{1}{2}$, et l'on aura $\frac{1443 \frac{1}{2}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de Jupiter dès le commencement de cette période dans le temps de l'incandescence, et $\frac{1443 \frac{1}{2}}{50}$ pour la compensation que Jupiter auroit faite à la fin de cette même période de 5897 ans, s'il eût conservé son état d'incandescence. Mais comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 24 $\frac{2}{23}$ pendant cette même période, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{1443 \frac{1}{2}}{50}$, n'a été que $\frac{1408 \frac{203}{373}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{1408 \frac{203}{373}}{50}$ et $\frac{1443 \frac{1}{2}}{1250}$ de la compensation dans le premier et le dernier temps de la période, on a $\frac{36652 \frac{8}{9}}{1250}$; lesquels multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{458153 \frac{3}{4}}{1250}$, ou 366 $\frac{1}{2}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la cha-

leur de Jupiter à la perte de la chaleur propre de son premier satellite pendant cette première période de 5897 ans; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 366 ½ : : 5897 : 86450 ans $\frac{1}{50}$. Ainsi le temps dont la chaleur envoyée par Jupiter à son premier satellite a prolongé son premier refroidissement pendant cette première période est de 86450 ans $\frac{1}{50}$; et le temps dont la chaleur du soleil a aussi prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette même période de 5897 ans n'ayant été que 2 ans 97 jours, il se trouve que le temps du refroidissement de ce satellite a été prolongé d'environ 86452 ans ½ au-delà des 5897 ans de la période : d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 92350 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 17518 ans, que le premier satellite de Jupiter pourra être refroidi au point de la température actuelle de la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Jupiter à ce satellite étoit égale à sa chaleur propre s'est trouvé dans le temps de l'incandescence, et même auparavant, si la chose eût été possible; car cette masse énorme de feu, qui étoit 39032 fois ½ plus grande que le soleil pour ce satellite, lui envoyoit, dès le temps de l'incandescence de tous deux, une chaleur plus forte que la sienne propre, puisqu'elle étoit 1443 ½, tandis que celle du satellite n'étoit que 1250. Ainsi ç'a été de tout temps que la chaleur de Jupiter sur son premier satellite a surpassé la perte de sa chaleur propre.

Dès lors on voit que la chaleur propre de ce satellite ayant toujours été fort au-dessous de la chaleur envoyée par Jupiter, on doit évaluer autrement la température du satellite; en sorte que l'estimation que nous venons de faire du prolongement du refroidissement, et que nous avons trouvée être de 86452 ans ½, doit être encore augmentée de beaucoup : car, dès le temps de l'incandescence, la chaleur extérieure envoyée par Jupiter étoit plus grande que la chaleur propre du satellite dans la raison de 1433 ½ à 1250; et, à la fin de la première période de 5897

ans, cette chaleur envoyée par Jupiter étoit plus grande que la chaleur propre du satellite dans la raison de 1408 à 50, ou de 140 à 5 à peu près; et de même, à la fin de la seconde période, la chaleur envoyée par Jupiter étoit à la chaleur propre du satellite :: 3433 : 5. Ainsi la chaleur propre du satellite, dès la fin de la première période, peut être regardée comme si petite en comparaison de la chaleur envoyée par Jupiter, qu'on doit tirer le temps du refroidissement de ce satellite presque uniquement de celui du refroidissement de Jupiter.

Or Jupiter, ayant envoyé à ce satellite, dans le temps de l'incandescence, 39032 fois $\frac{1}{2}$ plus de chaleur que le soleil, lui envoyoit encore, au bout de la première période de 5897 ans, une chaleur 38082 fois $\frac{1}{25}$ plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit diminué que de 25 à 24 $\frac{2}{25}$; et au bout d'une seconde période de 5897 ans, c'est-à-dire après la déperdition de la chaleur propre du satellite, au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 37131 fois $\frac{3}{4}$ plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{2}{25}$ à 23 $\frac{18}{25}$; ensuite, après une troisième période de 5897 ans, où la chaleur propre du satellite doit être regardée comme absolument nulle, Jupiter lui envoyoit une chaleur 36182 fois plus grande que celle du soleil.

En suivant la même marche, on trouvera que la chaleur de Jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{24}{25}$ par chaque période de 5897 ans, diminue par conséquent sur ce satellite de 950 pendant chacune de ces périodes; de sorte qu'après 37 $\frac{2}{3}$ périodes, cette chaleur envoyée par Jupiter au satellite sera à très peu près encore 1350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme la chaleur du soleil sur Jupiter et sur ses satellites est à peu près à celle du soleil sur la terre :: 1 : 27, et que la chaleur du globe terrestre est 50 fois plus grande que celle qu'il reçoit actuellement du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité 1350 de chaleur ci-dessus, pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et

cette dernière chaleur étant de $\frac{1}{5}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il en résulte qu'au bout de 37 $\frac{2}{3}$ périodes de 5897 ans chacune, c'est-à-dire au bout de 222120 ans $\frac{1}{3}$, la chaleur que Jupiter enverra à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que, quoiqu'il ne lui restera rien alors de sa chaleur propre, il jouira néanmoins d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre dans cette année 222120 $\frac{1}{3}$ de la formation des planètes.

Et de la même manière que cette chaleur envoyée par Jupiter prolongera prodigieusement le refroidissement de ce satellite à la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 37 autres périodes $\frac{2}{3}$, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 444240 de la formation des planètes que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation dans le temps de l'incandescence que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$; et qu'à la fin de la première période, qui est de 5897 ans, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de deux ans [illegible]. Mais la chaleur envoyée par Jupiter dès le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite :: 1443 $\frac{1}{2}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette

première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite doit être diminuée dans la raison de 1408 à 50, parce que la chaleur envoyée par Jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1458}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{1458}$ du premier et du dernier temps de cette premiere période, on a $\frac{\frac{106085}{676}}{4038400}$ ou $\frac{156\frac{629}{676}}{4038400}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{1960\frac{332}{676}}{4038400}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{1961\frac{2}{3}}{4038400} :: 5897 : \frac{115479481\frac{1}{2}}{100960000}$, ou :: 5897 ans : 41 jours $\frac{7}{10}$. Ainsi le prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 2 ans 97 jours, n'a réellement été que de 41 jours $\frac{7}{10}$.

On trouveroit de la même manière le temps du prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil pendant la seconde période et pendant les périodes suivantes; mais il est plus facile et plus court de l'évaluer en totalité de la manière suivante :

La compensation par la chaleur du soleil dans le temps de l'incandescence, ayant été, comme nous venons de le dire, $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$, sera à la fin de $37\frac{2}{3}$ périodes $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces $37\frac{2}{3}$ périodes que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces $37\frac{2}{3}$ périodes, on a $\frac{\frac{71027}{979}}{139675}$ ou $\frac{105\frac{47}{676}}{139675}$, qui, multi-

pliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{1313\frac{245}{276}}{139675}$ ou $\frac{13}{1396}$ environ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant les 37 $\frac{1}{2}$ périodes de 5897 ans chacune; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps total est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{13}{1395}$ :: 222120 $\frac{1}{2}$ 50 : 82 ans $\frac{37}{50}$ environ. Ainsi le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 82 ans $\frac{37}{50}$, qu'il faut ajouter au 222120 ans $\frac{1}{2}$: d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 222203 de la formation des planètes que ce satellite jouira de la meme température dont jouit aujourd'hui la terre, il qu'il faudra le double du temps, c'est-à-dire que ce ne sera que dans l'année 444406 de la formation des planètes qu'il pourra être refroidi à $\frac{1}{26}$ de la chaleur actuelle de la terre.

Faisant le même calcul pour le second satellite, que nous avons supposé grand comme Mercure, nous verrons qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 1342 ans, perdre de sa chaleur propre en 11303 ans $\frac{1}{3}$ au point de pouvoir le toucher, et se refroidir par la même déperdition de sa chaleur propre, au point de la température actuelle de la terre, en 24682 ans $\frac{1}{3}$, si sa densité étoit égale à celle de la terre : mais comme la densité du globe terrestre est à celle de Jupiter ou de ses satellites :: 1000 : 292, il s'ensuit que ce second satellite, dont le diamètre est $\frac{1}{3}$ de celui de la terre, se seroit réellement consolidé jusqu'au centre en 282 ans environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 3300 ans $\frac{17}{25}$, et à la température actuelle de la terre en 7283 ans $\frac{16}{25}$, si la perte de sa chaleur propre n'eût pas été compensée par la chaleur que le soleil et plus encore par celle que Jupiter ont envoyées à ce satellite. Or l'action de la chaleur du soleil sur ce satellite étant en raison inverse du carré des distances, la compensation que cette chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre du satellite étoit dans le temps de l'incandescence $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période de 7283 ans $\frac{16}{25}$.

Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ de la compensation dans le premier et le dernier temps de cette période, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 7283 ans $\frac{16}{25}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{12\frac{13}{676}}{25}$ :: 7283 ans $\frac{16}{25}$: 2 ans 252 jours. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil pendant cette première période n'a été que de 2 ans 252 jours.

Mais la chaleur de Jupiter, qui, dans le temps de l'incandescence, étoit 25, avoit diminué au bout de 7283 ans $\frac{16}{25}$ de $\frac{19}{23}$ environ, elle étoit encore alors $24\frac{4}{23}$, et comme ce satellite n'est éloigné de Jupiter que de 9 demi-diamètres de Jupiter, ou 99 demi-diamètres terrestres, c'est-à-dire de 141817 lieues $\frac{1}{2}$, et qu'il est éloigné du soleil de 171 millions 600 mille lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par Jupiter à ce satellite auroit été :: $(171600000)^2 : (141817\frac{1}{2})^2$, si la surface que présente Jupiter à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil. Mais la surface de Jupiter, qui, dans le réel, n'est que $\frac{1}{11449}$, de celle du soleil, paroît néanmoins plus grande à ce satellite dans la raison inverse du carré des distances; on aura donc $(141817\frac{1}{2})^2 : (171600000)^2 :: \frac{1}{11449} : 15473\frac{2}{3}$ environ. Donc la surface que Jupiter présente à ce satellite est 15473 fois $\frac{2}{3}$ plus grande que celle que lui présente le soleil. Ainsi Jupiter, dans le temps de l'incandescence, étoit pour ce satellite un astre de feu 15473 fois $\frac{2}{3}$ plus étendu que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 7283 ans $\frac{16}{25}$ il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre, et que dans le temps de

l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$: on aura donc 15473 $\frac{2}{3}$, multipliés par $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ ou $\frac{572\frac{170}{676}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de Jupiter sur ce satellite dans le commencement de cette première période, et $\frac{572\frac{170}{676}}{50}$ pour la compensation qu'elle auroit faite à la fin de cette période de 7283 ans $\frac{16}{25}$, si Jupiter eût conservé son état d'incandescence. Mais comme sa chaleur propre a diminué pendant cette période de 25 à 24 $\frac{4}{25}$, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{572\frac{170}{676}}{50}$ n'a été que de $\frac{552\frac{1}{3}}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{553\frac{1}{7}}{50}$ et $\frac{572\frac{170}{676}}{1250}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier temps de cette première période, on a $\frac{14405\frac{1}{9}}{1250}$, environ, lesquels, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{180068\frac{3}{4}}{1250}$ ou 144 $\frac{7}{25}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Jupiter, pendant cette première période de 7283 ans $\frac{16}{25}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 144 $\frac{7}{25}$: : 7283 $\frac{16}{25}$: 42044 $\frac{18}{125}$. Ainsi le temps dont la chaleur de Jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite a été de 42044 ans 52 jours, tandis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé que de 2 ans 252 jours : d'où l'on voit, en ajoutant ces deux temps à celui de la période de 7283 ans 233 jours, que ç'a été dans l'année 49331 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 25501 ans, que ce second satellite de Jupiter a pu être refroidi au point de la température actuelle de la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Jupiter a été égale à la chaleur propre de ce satellite s'est trouvé au 2 $\frac{4}{21}$ terme environ de l'écoulement du temps de cette période de 7283 ans 233 jours, qui, multipliés par 291 ans 126 jours, nombre des années de chaque terme de cette période, donnent 638 ans 67 jours. Ainsi ç'a été dès l'année 639 de la formation des planètes que la chaleur envoyée par Jupiter à son second satellite s'est trouvée égale à sa chaleur propre.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a toujours été au-dessous de celle que lui envoyoit Jupiter dès l'année 639 de la formation des planètes : on doit donc évaluer, comme nous l'avons fait pour le premier satellite, la température dont il a joui et dont il jouira pour la suite.

Or Jupiter, ayant d'abord envoyé à ce satellite, dans le temps de l'incandescence, une chaleur 15473 fois $\frac{1}{7}$ plus grande que celle du soleil, lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 7283 ans $\frac{14}{25}$, une chaleur 14960 fois $\frac{11}{25}$ plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit encore diminué que de 24 à 23 $\frac{4}{25}$; et au bout d'une seconde période de 7283 ans $\frac{14}{25}$, c'est-à-dire après la déperdition de la chaleur propre du satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 14447 fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{4}{25}$ à 23 $\frac{8}{25}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{21}{25}$ par chaque période de 7283 ans $\frac{14}{25}$, diminue par conséquent sur ce satellite de 513 à peu près pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 26 $\frac{1}{2}$ périodes environ cette chaleur envoyée par Jupiter au satellite sera à très peu près encore 1350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme la chaleur du soleil sur Jupiter et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre à peu près :: 1 : 27, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit actuellement du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité 1350, pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il en résulte qu'au bout de 26 $\frac{1}{2}$ périodes de 7283 ans $\frac{14}{25}$ chacune, c'est-à-dire au bout de 193016 ans $\frac{11}{25}$, la chaleur que Jupiter enverra à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que, n'ayant plus de chaleur propre, il jouira néan-

moins d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre dans l'année 193017 de la formation des planètes.

Et de même que cette chaleur envoyée par Jupiter prolongera de beaucoup le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 26 autres périodes $\frac{1}{2}$ pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre, en sorte que ce ne sera que dans l'année 386034 de la formation des planètes que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil relativement à la compensation qu'elle a faite et fera à la diminution de la température du satellite.

Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le temps de l'incandescence, que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période de 7283 $\frac{16}{25}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit été de 2 ans $\frac{2}{3}$. Mais la chaleur envoyée par Jupiter dès le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite :: 572 $\frac{170}{676}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$ au commencement de cette période; et, de même, que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période, en ne considérant que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la même raison de 553 $\frac{1}{3}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par Jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors

la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{603\frac{1}{8}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{605\frac{1}{4}}$ du premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{606391\frac{1}{8}}{676}}{1098625}$ ou $\frac{89\frac{5}{8}}{1098625}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{1120\frac{5}{6}}{1098625}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période; et comme la perte de la chaleur est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{1120\frac{5}{6}}{1098625}$: : 7283 $\frac{16}{25}$: $\frac{8163745\frac{19}{20}}{27465625}$ ou : : 7283 ans $\frac{16}{25}$: 108 jours $\frac{1}{2}$, au lieu de 2 ans $\frac{2}{3}$ que nous avions trouvés par la première évaluation.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation, dans le temps de l'incandescence, ayant été $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$, sera, à la fin de 26 $\frac{1}{2}$ périodes, de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 26 $\frac{1}{2}$ périodes que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces 26 $\frac{1}{2}$ périodes, on a $\frac{\frac{46896\frac{1}{2}}{676}}{91112\frac{1}{2}}$ ou $\frac{69\frac{41}{167}}{91112\frac{1}{2}}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur donnent $\frac{865\frac{1}{2}}{91112\frac{1}{2}}$ ou $\frac{43}{4555}$ environ pour la compensation totale par la chaleur, du soleil pendant les 26 périodes $\frac{1}{2}$ de 7283 ans $\frac{16}{25}$; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps total de sa période est au prolongement du temps du refroidissement, on aura 25 : $\frac{43}{4555}$: : 193016 $\frac{11}{25}$: 72 $\frac{22}{25}$. Ainsi le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 72 ans $\frac{22}{25}$, qu'il faut ajouter aux 193016 ans $\frac{11}{25}$: d'où l'on

voit que ce ne sera que dans l'année 193090 de la formation des planètes que ce satellite jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce temps, c'est-à-dire que ce ne sera que dans l'année 386180 de la formation des planètes qu'il pourra être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant les mêmes raisonnements pour le troisième satellite de Jupiter, que nous avons supposé grand comme Mars, c'est-à-dire de $\frac{13}{25}$ du diamètre de la terre, et qui est à 14 $\frac{1}{3}$ demi-diamètres de Jupiter, ou 157 $\frac{1}{3}$ demi-diamètres terrestres, c'est-à-dire à 225857 lieues de distance de sa planète principale, nous verrons que ce satellite se seroit consolidé jusqu'au centre en 1490 ans $\frac{3}{5}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 17633 ans $\frac{18}{25}$, et au point de la température actuelle de la terre en 38504 ans $\frac{21}{25}$, si la densité de ce satellite étoit égale à celle de la terre; mais comme la densité du globe terrestre est à celle de Jupiter et de ses satellites :: 1000 : 292, il faut diminuer en même raison les temps de la consolidation et du refroidissement. Ainsi ce troisième satellite se sera consolidé jusqu'au centre en 435 ans $\frac{31}{292}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 5149 ans $\frac{11}{200}$, et il auroit perdu assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle de la terre en 11243 ans $\frac{7}{25}$ environ, si la perte de sa chaleur propre n'eût pas été compensée par l'accession de la chaleur du soleil, et surtout par celle de la chaleur envoyée par Jupiter à ce satellite. Or la chaleur envoyée par le soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation qu'elle faisoit à la perte de la chaleur propre du satellite étoit dans le temps de l'incandescence $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier temps de cette première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les

termes, donnent $\frac{\frac{84}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant le temps de cette première période; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{12\frac{13}{676}}{1250} :: 11243\frac{7}{25} : 4\frac{1}{3}$ environ. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil pendant cette première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$ auroit été de 4 ans 116 jours.

Mais la chaleur de Jupiter, qui, dans le temps de l'incandescence, étoit 25, avoit diminué, pendant cette première période, de 25 à $23\frac{5}{6}$ environ; et comme ce satellite est éloigné de Jupiter de 225857 lieues, et qu'il est éloigné du soleil de 171 millions 600 mille lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par Jupiter à ce satellite auroit été à la chaleur envoyée par le soleil comme le carré de 171600000 est au carré de 225857, si la surface que présente Jupiter à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil. Mais la surface de Jupiter, qui, dans le réel, n'est que $\frac{121}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins plus grande à ce satellite dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc $(225857)^2 : (171600000)^2 :: \frac{121}{11449} : 6101$ environ. Donc la surface que présente Jupiter à son troisième satellite étant 6101 fois plus grande que la surface que lui présente le soleil, Jupiter dans le temps de l'incandescence étoit pour ce satellite un astre de feu 6101 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 11243 ans $7\frac{7}{25}$ il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre, et que, dans le temps de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$: il faut donc multiplier par 6101 chacun de ces deux termes de compensation, et l'on aura pour le premier $\frac{225\frac{425}{676}}{1250}$, et pour le se-

cond $\frac{225\frac{425}{676}}{50}$; et cette dernière compensation de la fin de la période seroit exacte si Jupiter eût conservé son état d'incandescence pendant tout le temps de cette même période de 11243 ans $\frac{7}{25}$: mais comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 23 $\frac{5}{6}$ pendant cette période, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{225\frac{425}{676}}{50}$ n'a été que de $\frac{218\frac{13}{23}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{318\frac{13}{23}}{50}$ et $\frac{225\frac{425}{676}}{1250}$ de la compensation du premier et du dernier temps dans cette première période, on a $\frac{5680\frac{21}{23}}{1250}$ environ, lesquels étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{70998}{1250}$ ou 56 $\frac{15}{19}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Jupiter sur son troisième satellite pendant cette première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : 56 $\frac{15}{19}$ :: 11243 $\frac{7}{25}$: 25340. Ainsi le temps dont la chaleur de Jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$ a été de 25340 ans ; et par conséquent, en y ajoutant le prolongement par la chaleur du soleil, qui est de 4 ans 116 jours, on a 25344 ans 116 jours pour le prolongement total du refroidissement ; ce qui, étant ajouté au temps de la période, donne 36787 ans 218 jours, d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 36588 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 38244 ans, que ce satellite jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Jupiter à ce satellite étoit égale à sa chaleur propre s'est trouvé au 5 $\frac{365}{677}$, terme de l'écoulement du temps de cette première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$, qui, étant multiplié par 449 ans $\frac{3}{4}$, nombre des années de chaque terme de cette période, donne 2490 ans environ. Ainsi ç'a été dès l'année 2490 de la formation des planètes que la chaleur envoyée par Jupiter à son troisième satellite s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce satellite.

Dès lors on voit que cette chaleur propre du satellite a été

au-dessous de celle que lui envoyoit Jupiter dès l'année 2490 de la formation des planètes ; et en évaluant, comme nous avons fait pour les deux premiers satellites, la température dont celui-ci doit jouir, on trouve que Jupiter ayant envoyé à ce satellite, dans le temps de l'incandescence, une chaleur 6101 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 11243 ans $\frac{7}{25}$, une chaleur 5816 $\frac{43}{150}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit diminué que de 25 à 23 $\frac{5}{6}$; et au bout d'une seconde période de 11243 ans $\frac{7}{25}$, c'est-à-dire après la déperdition de la chaleur propre du satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 5531 $\frac{86}{150}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit encore diminué que de 23 $\frac{5}{6}$ à 22 $\frac{4}{6}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{7}{6}$ par chaque période de 11243 ans $\frac{7}{25}$, diminue par conséquent sur ce satellite de 284 $\frac{107}{150}$ pendant chacune de ces périodes ; en sorte qu'après 15 $\frac{2}{3}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par Jupiter au satellite sera à très peu près encore 1350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme la chaleur du soleil sur Jupiter et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre à peu près : : 1 : 27, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit actuellement du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité 1350 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il en résulte qu'au bout de 15 $\frac{2}{3}$ périodes, chacune de 11243 $\frac{7}{25}$, c'est-à-dire au bout de 176144 $\frac{11}{15}$, la chaleur que Jupiter enverra à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que, n'ayant plus de chaleur propre, il jouira néanmoins d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre dans l'année 176145 de la formation des planètes.

Et comme cette chaleur envoyée par Jupiter prolongera de

beaucoup le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 15 $\frac{2}{3}$ autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 352290 de la formation des planètes que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le temps de l'incandescence, que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 11243 ans $\frac{7}{25}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de 4 ans $\frac{1}{3}$: mais la chaleur envoyée par Jupiter dès le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite : : 225 $\frac{424}{676}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison, en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ elle n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1475\frac{3}{8}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de 218 $\frac{13}{75}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par Jupiter étoit plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{268\frac{13}{25}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1475\frac{3}{8}}$ et $\frac{\frac{25}{767}}{268\frac{13}{25}}$ du

premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{43596}{676}}{395734\frac{4}{5}}$ ou $\frac{64\frac{1}{2}}{395734\frac{4}{5}}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{806\frac{1}{4}}{395734\frac{4}{5}}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période; et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{806\frac{1}{4}}{395734\frac{4}{5}} :: 11243\frac{7}{25} : \frac{9064669\frac{1}{3}}{9893361}$ ou $:: 11243$ ans $\frac{7}{25}$: 33¼ jours environ, au lieu de 4 ans $\frac{1}{2}$ que nous avions trouvés par la première évaluation,

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil, dans le temps de l'incandescence, ayant été $\frac{\frac{25}{676}}{1475\frac{5}{8}}$, sera, à la fin de 15 périodes $\frac{2}{3}$, de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 15 périodes $\frac{2}{3}$ que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1475\frac{5}{8}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces 15 périodes $\frac{2}{3}$, on a $\frac{\frac{38141\frac{1}{3}}{676}}{73782\frac{2}{3}}$ ou $\frac{56\frac{5}{7}}{73782\frac{2}{3}}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{705\frac{17}{28}}{73782\frac{2}{3}}$ ou $\frac{35}{3689}$ environ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant les 15 périodes $\frac{2}{3}$ de 11243 ans $\frac{7}{25}$ chacune; et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{35}{3689} :: 176144\frac{11}{15} : 66\frac{21}{25}$. Ainsi le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 66 ans $\frac{21}{25}$, qu'il faut ajouter au 176144 ans $\frac{11}{15}$: d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 176212 de la formation des planètes que ce satellite jouira en effet de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce temps,

15.

c'est-à-dire que ce ne sera que dans l'année 352424 de la formation des planètes que sa température sera 25 fois plus froide que la température actuelle de la terre.

Faisant le même calcul sur le quatrième satellite de Jupiter, que nous avons supposé grand comme la terre, nous verrons qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 2905 ans, se refroidir au point de pouvoir le toucher en 33911 ans, et perdre assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle de la terre en 74047 ans, si sa densité étoit la même que celle du globe terrestre : mais comme la densité de Jupiter et de ses satellites est à celle de la terre : : 292 : 1000, les temps de la consolidation et du refroidissement par la déperdition de la chaleur propre doivent être diminués dans la même raison. Ainsi ce satellite ne s'est consolidé jusqu'au centre qu'en 348 ans $\frac{1}{4}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 9902 ans; et enfin il auroit perdu assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle de la terre en 21621 ans, si la perte de sa chaleur propre n'eût pas été compensée par la chaleur envoyée par le soleil et par Jupiter. Or la chaleur envoyée par le soleil à ce satellite étant en raison inverse du carré des distances, la compensation produite par cette chaleur étoit, dans le temps de l'incandescence, $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période de 21621 ans. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ de la compensation du premier et du dernier temps de cette période, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 21621 ans; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$: : 21621 : 8 $\frac{1}{10}$. Ainsi le prolongement du

refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil a été de 8 ans $\frac{3}{10}$ pour cette première période.

Mais la chaleur de Jupiter, qui, dans le temps de l'incandescence, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, avoit diminué, au bout des 21621 ans, de 25 à 22 $\frac{3}{4}$; et comme ce satellite est éloigné de Jupiter de 277 $\frac{3}{4}$ demi-diamètres terrestres, ou de 397877 lieues, tandis qu'il est éloigné du soleil de 171600000 lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par Jupiter à ce satellite auroit été à la chaleur envoyée par le soleil comme le carré de 171600000 est au carré de 397877, si la surface que Jupiter présente à son quatrième satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil. Mais la surface de Jupiter, qui, dans le réel, n'est que $\frac{1}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite bien plus grande que celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc $(397877)^2 : (171600000)^2 :: \frac{1}{11449} : 1909$ environ. Ainsi Jupiter, dans le temps de l'incandescence, étoit pour son quatrième satellite un astre de feu 1909 plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre du satellite étoit $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 21621 ans il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre, et que, dans le temps de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, qui multipliés par 1909 donnent $\frac{\frac{70425}{676}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de Jupiter au commencement de cette période, c'est-à-dire dans le temps de l'incandescence, et par conséquent $\frac{\frac{70425}{676}}{50}$ pour la compensation que la chaleur de Jupiter auroit faite à la fin de cette première période, s'il eût conservé son état d'incandescence; mais la chaleur propre ayant diminué pendant cette première période de 25 à 22 $\frac{3}{4}$, la compensation, au lieu d'être $\frac{\frac{70425}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{64}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{64}{50}$ et $\frac{\frac{70425}{676}}{1250}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier

temps de cette période, on a $\frac{1671}{1250}$ environ, lesquels multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{20887 \frac{1}{2}}{125}$ ou 16 $\frac{3}{4}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par Jupiter à la perte de la chaleur propre de son quatrième satellite; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : 16 $\frac{3}{4}$: : 21621 : 14486 $\frac{7}{100}$. Ainsi le temps dont la chaleur de Jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette première période de 21621 ans étant de 14486 ans $\frac{7}{100}$, et la chaleur du soleil l'ayant aussi prolongé de 8 ans $\frac{3}{10}$ pendant la même période, on trouve, en ajoutant ces deux nombres d'années aux 21621 ans de la période, que ç'a été dans l'année 36116 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 38716 ans, que ce quatrième satellite de Jupiter jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Jupiter à son quatrième satellite a été égale à la chaleur propre de ce satellite s'est trouvé au 17 $\frac{2}{3}$, terme environ de l'écoulement du temps de cette première période, qui, multiplié par 864 $\frac{21}{25}$, nombre des années de chaque terme de cette période de 21621 ans, donne 15278 $\frac{21}{25}$. Ainsi ç'a été dans l'année 15279 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par Jupiter à son quatrième satellite s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce même satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au-dessous de celle que lui envoyoit Jupiter dans l'année 15279 de la formation des planètes, et que Jupiter ayant envoyé à ce satellite, dans le temps de l'incandescence, une chaleur 1909 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 21621 ans, une chaleur 1737 $\frac{19}{100}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'a diminué pendant ce temps que de 25 à 22 $\frac{3}{4}$; et au bout d'une seconde période de 21621 ans, c'est-à-dire après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite jus-

qu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 1567 $\frac{19}{100}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Jupiter n'avoit encore diminué que de 22 $\frac{3}{4}$ à 20 $\frac{1}{4}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 2 $\frac{1}{4}$ par chaque période de 21621 ans, diminue par conséquent sur ce satellite de 171 $\frac{81}{100}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 3 périodes $\frac{1}{4}$ environ, cette chaleur envoyée par Jupiter au satellite sera à très peu près encore 1350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme la chaleur du soleil sur Jupiter et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre à peu près :: 1 : 27, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité 1350 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe, il est évident qu'au bout de 3 périodes $\frac{1}{4}$ de 21621 ans chacune, c'est-à-dire au bout de 70268 ans $\frac{1}{4}$, la chaleur que Jupiter a envoyée à ce satellite a été égale à la chaleur actuelle de la terre, et que, n'ayant plus de chaleur propre, il n'a pas laissé de jouir d'une température égale à celle dont jouit actuellement la terre dans l'année 70269 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 4563 ans.

Et comme cette chaleur envoyée par Jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 3 $\frac{1}{4}$ autres périodes pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 140538 de la formation des planètes que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait com-

pensation, dans le temps de l'incandescence, que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période de 21621 ans cette même chaleur du soleil auroit une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de 8 ans $\frac{3}{16}$: mais la chaleur envoyée par Jupiter dans le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite : : 70 $\frac{406}{676}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, elle n'a eté que $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{403}{676}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la même raison de 64 à 50, parce que la chaleur envoyée par Jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre de ce satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{114}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{403}{676}}$ à $\frac{\frac{25}{676}}{114}$ du premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{35865}{676}}{150548\frac{5}{10}}$ ou $\frac{53\frac{37}{676}}{150548\frac{5}{10}}$ environ, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{763\frac{1}{6}}{150548\frac{5}{10}}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{763\frac{1}{6}}{150548\frac{5}{10}}$: : 21621 ans : 4 ans 140 jours. Ainsi le prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 8 ans $\frac{3}{16}$, n'a été que de 4 ans 140 jours.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation, dans le temps de l'incandescence, ayant été de $\frac{\frac{25}{576}}{1320\frac{4}{5}}$, sera, à la fin de 3 $\frac{3}{4}$ périodes, de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 3 $\frac{3}{4}$ périodes que la température de ce satellite sera égale à la température de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{4}{5}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces 3 $\frac{3}{4}$ périodes, on a $\frac{\frac{34261}{676}}{66032}$ ou $\frac{50[illegible]}{66032}$; qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{635}{66032}$ pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les 3 $\frac{3}{4}$ périodes de 21621 ans chacune; et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps total des périodes est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{635}{66032}$: : 70268 $\frac{1}{4}$: 27. Ainsi le prolongement total qu'a fait la chaleur du soleil n'a été que de 27 ans, qu'il faut ajouter aux 70268 ans $\frac{1}{4}$. D'où l'on voit que ç'a été dans l'année 70296 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 4536 ans, que ce quatrième satellite de Jupiter jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre; et, de même, que ce ne sera que dans le double du temps, c'est-à-dire dans l'année 140592 de la formation des planètes, que sa température sera refroidie au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisons maintenant les mêmes recherches sur les temps respectifs du refroidissement des satellites de Saturne, et du refroidissement de son anneau. Ces satellites sont, à la vérité, si difficiles à voir, que leurs grandeurs relatives ne sont pas bien constatées : mais leurs distances à leur planète principale sont assez bien connues, et il paroît, par les observations des meilleurs astronomes, que le satellite le plus voisin de Saturne est aussi le plus petit de tous; que le second n'est guère plus gros que le premier, le troisième un peu plus grand; que le qua-

trième paroît le plus grand de tous, et qu'enfin le cinquième paroît tantôt plus grand que le troisième et tantôt plus petit : mais cette variation de grandeur, dans ce dernier satellite, n'est probablement qu'une apparence dépendante de quelques causes particulières qui ne changent pas sa grandeur réelle, qu'on peut regarder comme égale à celle du quatrième, puisqu'on l'a vu quelquefois surpasser le troisième.

Nous supposerons donc que le premier et le plus petit de ces satellites est gros comme la lune, le second grand comme Mercure, le troisième grand comme Mars, le quatrième et le cinquième grands comme la terre; et, prenant les distances respectives de ces satellites à leur planète principale, nous verrons que le premier est environ à 66 mille 900 lieues de distance de Saturne; le second à 85 mille 450 lieues, ce qui est à peu près la distance de la lune à la terre; le troisième à 120 mille lieues; le quatrième à 278 mille lieues, et le cinquième à 808 mille lieues, tandis que le satellite le plus éloigné de Jupiter n'en est qu'à 398 mille lieues.

Saturne a donc une vitesse de rotation plus grande que celle de Jupiter, puisque, dans l'état de liquéfaction, sa force centrifuge a projeté des parties de sa masse à plus du double de la distance à laquelle la force centrifuge de Jupiter a projeté celles qui forment son satellite le plus éloigné.

Et ce qui prouve encore que cette force centrifuge, provenant de la vitesse de rotation, est plus grande dans Saturne que dans Jupiter, c'est l'anneau dont il est environné, et qui, quoique fort mince, suppose une projection de matière encore bien plus considérable que celle des cinq satellites pris ensemble. Cet anneau concentrique à la surface de l'équateur de Saturne n'en est éloigné que d'environ 50 mille lieues; sa forme est celle d'une zone assez large, un peu courbée sur le plan de sa largeur, qui est d'environ un tiers de diamètre de Saturne, c'est-à-dire de plus de 9 mille lieues : mais cette zone de 9 mille lieues de largeur n'a peut-être pas 100 lieues d'épaisseur; car, lorsque l'anneau ne nous présente exactement que sa tranche, il ne réfléchit pas assez de lumière pour qu'on

puissé l'apercevoir avec les meilleures lunettes ; au lieu qu'on l'aperçoit pour peu qu'il s'incline ou se redresse, et qu'il découvre en conséquence une partie de sa largeur. Or cette largeur, vue de face, étant de 9 mille lieues, ou plus exactement de 9 mille 110 lieues, seroit d'environ 4 mille 555 lieues vue sous l'angle de 45 degrés, et par conséquent d'environ 100 lieues vue sous un angle d'un degré d'obliquité, car on ne peut guère présumer qu'il fût possible d'apercevoir cet anneau, s'il n'avoit pas au moins un degré d'obliquité, c'est-à-dire s'il ne nous présentoit pas une tranche au moins égale à une 90e partie de sa largeur : d'où je conclus que son épaisseur doit être égale à cette 90e partie, qui équivaut à peu près à 100 lieues.

Il est bon de supputer, avant d'aller plus loin, toutes les dimensions de cet anneau, et de voir quelle est la surface et le volume de la matière qu'il contient.

Sa largeur est de 9,110 lieues.
Son épaisseur supposée de 100 lieues.
Son diamètre intérieur de 191,296 lieues.
Son diamètre extérieur, c'est-à-dire y compris les épaisseurs, de 191,496 lieues.
Sa circonférence intérieure de 444,073 lieues.
Sa circonférence extérieure de 444,701 lieues.
Sa surface concave de 4,455,005,030 lieues carrées.
Sa surface convexe de 4,512,226,110 lieues carrées.
La surface de l'épaisseur en dedans, de 44,407,300 lieues carrées.
La surface de l'épaisseur en dehors, de 44,470,100 lieues carrées.
Sa surface totale de 8,185,608,440 lieues carrées.
Sa solidité de 404,836,557,000 lieues cubiques.

Ce qui fait environ trente fois autant de volume de matière qu'en contient le globe terrestre, dont la solidité n'est que de 12 milliards 365 millions 103 mille 160 lieues cubiques. Et, en comparant la surface de l'anneau à la surface de la terre, on verra que celle-ci n'étant que de 25 millions 772 mille 725 lieues carrées, celle de toutes les faces de l'anneau étant de 8 milliards 583 millions 608 mille 540 lieues, elle est par conséquent plus de 217 fois plus grande que celle de la terre ; en sorte que cet anneau, qui ne paroît être qu'un volume ano-

mal, un assemblage de matière sous une forme bizarre, peut néanmoins être une terre dont la surface est plus de 300 fois plus grande que celle de notre globe, et qui, malgré son grand éloignement du soleil, peut cependant jouir de la même température que la terre.

Car, si l'on veut rechercher l'effet de la chaleur de Saturne et de celle du soleil sur cet anneau, et reconnoître les temps de son refroidissement par la déperdition de sa chaleur propre, comme nous l'avons fait pour la lune et pour les satellites de Jupiter, on verra que, n'ayant que 100 lieues d'épaisseur, il se seroit consolidé jusqu'au milieu ou au centre de cette épaisseur en 101 ans $\frac{1}{2}$ environ, si sa densité étoit égale à celle de la terre; mais, comme la densité de Saturne et celle de ses satellites et de son anneau, que nous supposons le même, n'est à la densité de la terre que :: 184 : 1000, il s'ensuit que l'anneau, au lieu de s'être consolidé jusqu'au centre de son épaisseur en 101 ans $\frac{1}{2}$, s'est réellement consolidé en 18 ans $\frac{17}{25}$: et de même on verra que cet anneau auroit dû se refroidir au point de pouvoir le toucher en 1183 ans $\frac{20}{140}$, si sa densité étoit égale à celle de la terre; mais, comme elle n'est que 184 au lieu de 1000, le temps du refroidissement, au lieu d'être de 1183 ans $\frac{20}{143}$, n'a été que de 217 ans $\frac{787}{1000}$, et celui du refroidissement à la température actuelle, au lieu d'être de 1958 ans, n'a réellement été que de 360 ans $\frac{7}{25}$, abstraction faite de toute compensation, tant par la chaleur du soleil que par celle de Saturne, dont il faut faire l'évaluation.

Pour trouver la compensation par la chaleur du soleil, nous considérons que cette chaleur du soleil sur Saturne, sur ses satellites, et sur son anneau, est à très peu près égale, parce que tous sont à très peu près également éloignés de cet astre : or, cette chaleur du soleil que reçoit Saturne est à celle que reçoit la terre : : 100 : 9025, ou : : 4 : 361. Dès-lors la compensation qu'a faite la chaleur du soleil lorsque l'anneau a été refroidi à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, comme sur la terre, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$; et dans le temps de l'incandescence

cette compensation n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes du premier et du dernier temps de cette période de 360 ans $\frac{7}{25}$, on aura $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil dans les 360 ans $\frac{7}{25}$ de la première période; et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps total de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$: : 360 $\frac{7}{25}$: $\frac{1\frac{13}{625}}{25}$ ans ou 15 jours environ, dont le refroidissement de l'anneau a été prolongé, par la chaleur du soleil, pendant cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$.

Mais la compensation par la chaleur du soleil n'est pour ainsi dire rien en comparaison de celle qu'a faite la chaleur de Saturne. Cette chaleur de Saturne dans le temps de l'incandescence, c'est-à-dire au commencement de la période, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, et n'avoit encore diminué au bout de 360 ans $\frac{7}{25}$ que de 25 à 24 $\frac{213}{215}$ environ. Or cet anneau est à 4 demi-diamètres de Saturne, c'est-à-dire à 54 mille 656 lieues de distance de sa planète, tandis que sa distance au soleil est de 313 millions 500 mille lieues, en supposant 33 millions de lieues pour la distance de la terre au soleil. Dès-lors Saturne, dans le temps de l'incandescence, et même long-temps après, a fait sur son anneau une compensation infiniment plus grande que la chaleur du soleil.

Pour en faire la comparaison, il faut considérer que, la chaleur croissant comme le carré de la distance diminue, la chaleur envoyée par Saturne à son anneau auroit été à la chaleur envoyée par le soleil comme le carré de 313500000 est au carré de 54656, si la surface que Saturne présente à son anneau étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la sur-

face de Saturne qui n'est dans le réel que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à son anneau bien plus grande que celle de cet astre dans la raison inverse du carré des distances; on aura donc $(54656)^2 : (313500000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 259332$ environ; donc la surface que Saturne présente à son anneau est 259332 fois plus grande que celle que lui présente le soleil. Ainsi Saturne dans le temps de l'incandescence étoit pour son anneau un astre de feu 259332 fois plus étendu que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de l'anneau n'étoit que $\frac{4}{\frac{361}{50}}$, lorsqu'au bout de 360 ans $\frac{7}{25}$ il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre, et que dans le temps de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'étoit que $\frac{4}{\frac{161}{1250}}$; on aura donc 259332, multipliés par $\frac{4}{\frac{361}{1250}}$ ou $\frac{2873\frac{1}{3}}{1250}$ environ pour la compensation qu'a faite la chaleur de Saturne au commencement de cette période dans le temps de l'incandescence, et $\frac{2873\frac{1}{3}}{50}$ pour la compensation que Saturne auroit faite à la fin de cette même période de 360 ans $\frac{7}{25}$, s'il eût conservé son état d'incandescence : mais comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 24 $\frac{211}{225}$ pendant cette période de 360 ans $\frac{7}{25}$, la compensation à la fin de cette période, au lieu d'être $\frac{2873\frac{1}{3}}{50}$, n'a été que $\frac{2867\frac{1}{3}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{2867\frac{1}{3}}{50}$, et $\frac{2873\frac{1}{3}}{1250}$ du premier et du dernier temps de cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$, on aura $\frac{74556\frac{5}{6}}{1250}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{931960\frac{5}{12}}{1250}$ ou 745 $\frac{71}{125}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Saturne sur son anneau pendant cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$; et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 745\frac{71}{125} :: 360\frac{7}{25} : 10752\frac{13}{25}$ environ. Ainsi le temps dont la chaleur de Saturne a prolongé le refroidissement de son anneau pendant cette première période a été d'environ 10752 ans $\frac{24}{25}$, tan-

dis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé pendant la même période que de 15 jours. Ajoutant ces deux nombres aux 360 ans $\frac{7}{25}$ de la période, on voit que c'est dans l'année 11113 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 63719 ans, que l'anneau de Saturne auroit pu se trouver au même degré de température dont jouit aujourd'hui la terre, si la chaleur de Saturne, surpassant toujours la chaleur propre de l'anneau, n'avoit pas continué de le brûler pendant plusieurs autres périodes de temps.

Car le moment où la chaleur envoyée par Saturne à son anneau étoit égale à la chaleur propre de cet anneau s'est trouvé dès le temps de l'incandescence, où cette chaleur envoyée par Saturne étoit plus forte que la chaleur propre de l'anneau, dans le rapport de 2873 $\frac{1}{2}$ à 1250.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de l'anneau a été au-dessous de celle que lui envoyoit Saturne dès le temps de l'incandescence, et que, dans ce même temps, Saturne ayant envoyé à son anneau une chaleur 259332 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 360 ans $\frac{7}{26}$, une chaleur 258608 $\frac{7}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit diminué que de 23 à 24 $\frac{40}{43}$; et au bout d'une seconde période de 360 ans $\frac{7}{25}$, c'est-à-dire après la déperdition de la chaleur propre de l'anneau, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Saturne envoyoit encore à son anneau une chaleur 257984 $\frac{14}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{40}{43}$ à 24 $\frac{37}{43}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{3}{43}$ par chaque période de 360 ans $\frac{7}{25}$, diminue par conséquent, sur l'anneau, de 723 $\frac{18}{25}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 351 périodes environ, cette chaleur envoyée par Saturne à son anneau sera encore à très peu près 4500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme la chaleur du soleil, tant sur Saturne que sur

ses satellites et sur son anneau, est à celle du soleil sur la terre à peu près :: 1 : 90, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité 4500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et, cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de 351 périodes de 360 ans $\frac{7}{25}$ chacune, c'est-à-dire au bout de 126458 ans, la chaleur que Saturne enverra encore à son anneau sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que, n'ayant plus aucune chaleur propre depuis très long-temps, cet anneau ne laissera pas de jouir encore alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et comme cette chaleur envoyée par Saturne aura prodigieusement prolongé le refroidissement de son anneau au point de la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 351 autres périodes pour arriver au point extrême $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 252916 de la formation des planètes que l'anneau de Saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a dû faire à la diminution de la température de l'anneau dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre de l'anneau, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le temps de l'incandescence, que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 360 ans $\frac{7}{25}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de 15 jours: mais la chaleur envoyée par Saturne dans le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre de l'anneau :: 2873 $\frac{1}{2}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du

soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{4123\frac{1}{2}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre de l'anneau, doit être diminuée dans la raison de 2867 $\frac{1}{3}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par Saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre de l'anneau dans cette raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{2917\frac{1}{2}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{4123\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{2917\frac{1}{2}}$ du premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{4}{361}}{12029624}$ ou $\frac{78\frac{5}{361}}{12029624}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur propre pendant cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$, donnent $\frac{975\frac{63}{361}}{12029624}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{975\frac{63}{361}}{12029624}$ :: 360 $\frac{7}{25}$: $\frac{351336}{300740600}$, ou :: 360 ans $\frac{7}{25}$ 10 heures 14 minutes. Ainsi le prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil sur l'anneau de Saturne pendant la première période, au lieu d'avoir été de 15 jours, n'a réellement été que de 10 heures 14 minutes.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation, dans le temps de l'incandescence, ayant été $\frac{\frac{4}{361}}{4123\frac{1}{2}}$, sera, à la fin de 351 périodes, de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 351 périodes que la température de l'anneau sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc

ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{351}}{41123\frac{1}{3}}$ et $\frac{\frac{4}{351}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces 351 périodes, on a $\frac{\frac{16514}{351}}{206175}$ ou $\frac{45\frac{2}{3}}{206175}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur pendant toutes ces périodes, donnent $\frac{57\frac{1}{2}}{206175}$ environ pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les 351 périodes de 360 ans $\frac{7}{26}$ chacune; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{57\frac{1}{2}}{206175}$: : 126458 : 14 ans $\frac{1}{125}$. Ainsi le prolongement total qu'a fait et que fera la chaleur du soleil sur l'anneau de Saturne n'est que de 14 ans $\frac{1}{125}$, qu'il faut ajouter aux 126458 ans : d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 126473 de la formation des planètes que cet anneau jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double du temps, c'est-à-dire que ce ne sera que dans l'année 252946 de la formation des planètes que la température de l'anneau de Saturne sera refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Pour faire sur les satellites de Saturne la même évaluation que nous venons de faire sur le refroidissement de son anneau, nous supposerons, comme nous l'avons dit, que le premier de ces satellites, c'est-à-dire le plus voisin de Saturne, est de la grandeur de la lune; le second, de celle de Mercure; le troisième, de la grandeur de Mars; le quatrième et le cinquième, de la grandeur de la terre. Cette supposition, qui ne pourroit être exacte que par un grand hasard, ne s'éloigne cependant pas assez de la vérité pour que, dans le réel, elle ne nous fournisse pas des résultats qui pourront achever de compléter nos idées sur les temps où la nature a pu naître et périr dans les différents globes qui composent l'univers solaire.

Partant donc de cette supposition, nous verrons que le premier satellite, étant grand comme la lune, a dû se consolider

jusqu'au centre en 145 ans $\frac{3}{4}$ environ, parce que, n'étant que de $\frac{3}{11}$ du diamètre de la terre, il se seroit consolidé jusqu'au centre en 792 ans $\frac{3}{4}$, s'il étoit de même densité : mais la densité de la terre étant à celle de Saturne et de ses satellites : : 1000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer le temps de la consolidation et du refroidissement dans la même raison ; ce qui donne 145 ans $\frac{3}{4}$ pour le temps nécessaire à la consolidation. Il en est de même du temps du refroidissement au point de pouvoir toucher sans se brûler la surface de ce satellite : on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il aura perdu assez de sa chaleur propre pour arriver à ce point en 1701 ans $\frac{16}{25}$, et ensuite que, par la même déperdition de sa chaleur propre, il se seroit refroidi au point de la température actuelle de la terre en 3715 ans $\frac{87}{125}$. Or l'action de la chaleur du soleil étant en raison inverse du carré de la distance, la compensation que cette chaleur envoyée par le soleil a faite au commencement de cette première période, dans le temps de l'incandescence, a été $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même période de 3715 ans $\frac{87}{125}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier temps de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 3715 ans $\frac{87}{125}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$: : 3715 ans $\frac{87}{125}$: 156 jours. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil n'a été que de 156 jours pendant cette première période.

Mais la chaleur de Saturne, qui dans le temps de l'incan-

descence, c'est-à-dire dans le commencement de cette première période, étoit 25, n'avoit encore diminué au bout de 3715 ans $\frac{87}{125}$ que de 25 à 24 $\frac{4}{13}$ environ; et comme ce satellite n'est éloigné de Saturne que de 66900 lieues, tandis qu'il est éloigné du soleil de 313 millions 500 mille lieues, la chaleur envoyée par Saturne à ce premier satellite auroit été à la chaleur envoyée par le soleil comme le carré de 313500000 est au carré de 66900, si la surface que Saturne présente à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil : mais la surface de Saturne, qui n'est, dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc $(66900)^2 : (313500000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 173102$ environ; donc la surface que Saturne présente à son premier satellite étant 173 mille 102 fois plus grande que celle que lui présente le soleil, Saturne, dans le temps de l'incandescence, étoit pour ce satellite un astre de feu 173102 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ dans le temps de l'incandescence, et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ lorsqu'au bout de 3715 ans $\frac{2}{3}$ il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre; on aura donc 173102 multipliés par $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ ou $\frac{1918\frac{1}{5}}{1250}$ environ pour la compensation qu'a faite la chaleur de Saturne au commencement de cette période dans le temps de l'incandescence, et $\frac{1918\frac{1}{5}}{50}$ pour la compensation que Saturne auroit faite à la fin de cette même période, s'il eût conservé son état d'incandescence : mais comme la chaleur propre de Saturne a diminué de 25 à 24 $\frac{4}{13}$ environ pendant cette période de 3715 ans $\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de cette période, au lieu d'être $\frac{1918\frac{1}{5}}{50}$, n'a été que $\frac{1865}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{1865}{}$ et $\frac{1918\frac{1}{5}}{1250}$ de la compensation du premier et du dernier temps de cette période, on aura $\frac{48543\frac{1}{5}}{1250}$, lesquels multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{606729}{1250}$

ou 485 $\frac{6}{17}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Saturne sur son premier satellite pendant cette première période de 3715 ans $\frac{2}{3}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 485 $\frac{6}{17}$: : 3715 $\frac{2}{3}$: 27136 environ. Ainsi le temps dont la chaleur de Saturne a prolongé le refroidissement de son premier satellite pendant cette première période de 3715 $\frac{2}{3}$ a été de 72136 ans, tandis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé pendant la même période que de 156 jours. En ajoutant ces deux termes avec celui de la période, qui est de 3715 ans environ, on voit que ce sera dans l'année 75853 de la formation des planètes, c'est-à-dire dans 1021 ans, que ce premier satellite de Saturne pourra jouir de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Saturne à ce satellite a été égale à sa chaleur propre s'est trouvé dès le premier moment de l'incandescence, ou plutôt ne s'est jamais trouvé; car, dans le temps même de l'incandescence, la chaleur envoyée par Saturne à ce satellite étoit encore plus grande que la sienne propre, quoiqu'il fût lui-même en incandescence, puisque la compensation que faisoit alors la chaleur de Saturne à la chaleur propre du satellite étoit $\frac{1958\frac{1}{2}}{1250}$, et que, pour qu'elle n'eût été qu'égale, il auroit fallu que la température n'eût été que $\frac{1250}{1250}$.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au-dessous de celle que lui envoyoit Saturne dès le moment de l'incandescence, et que, dans ce même temps, Saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 173102 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 3715 ans $\frac{67}{125}$, une chaleur 168308 $\frac{2}{5}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit diminué que de 25 à 24 $\frac{4}{13}$; et au bout d'une seconde période de 3715 ans $\frac{27}{125}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Saturne envoyoit encore à ce satellite une

chaleur 163414 $\frac{4}{5}$ fois plus plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{4}{13}$ à 23 $\frac{8}{13}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{2}{13}$, par chaque période de 3715 ans $\frac{87}{125}$, diminue par conséquent, sur ce satellite, de 4893 $\frac{2}{5}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 33 $\frac{1}{5}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par Saturne à son premier satellite sera encore à très peu près 4500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme cette chaleur du soleil sur Saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre :: 1 : 90 à très peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité 4500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre, et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de 33 $\frac{4}{5}$ périodes de 3715 ans $\frac{87}{125}$ chacune, c'est-à-dire au bout de 124475 ans $\frac{2}{5}$, la chaleur que Saturne enverra encore à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que ce satellite, n'ayant plus aucune chaleur propre depuis très long-temps, ne laissera pas de jouir alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et comme cette chaleur envoyée par Saturne a prodigieusement prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, il prolongea de même pendant 33 $\frac{1}{2}$ autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 248951 de la formation des planètes que ce premier satellite de Saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température de ce satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait com-

pendant cette période de 7083 ans $\frac{2}{3}$ a été de 41557 ans $\frac{1}{2}$, tandis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé pendant ce temps que de 296 jours. Ajoutant ces deux temps à celui de la période de 7083 $\frac{2}{3}$, on voit que ce seroit dans l'année 48643 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 26189 ans, que ce troisième satellite de Saturne auroit joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Saturne à ce satellite a été égale à sa chaleur propre s'est trouvé au 2 $\frac{1}{11}$ terme environ de l'écoulement du temps de cette première période, lequel multiplié par 283 $\frac{1}{3}$, nombre des années de chaque terme de la période de 7083 $\frac{2}{3}$ donne 630 ans $\frac{1}{3}$ environ. Ainsi ç'a été dès l'année 631 de la formation des planètes que la chaleur envoyée par Saturne à son troisième satellite s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce même satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au-dessous de celle qui lui envoyoit Saturne dès l'année 631 de la formation des planètes, et que Saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 53801 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 7083 ans $\frac{2}{3}$, une chaleur 50854 $\frac{9}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit diminué que de 25 à 23 $\frac{41}{65}$ environ; et au bout d'une seconde période de 7083 ans $\frac{2}{3}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, Saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 47907 $\frac{19}{23}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit encore diminué que de 23 $\frac{41}{65}$ à 22 $\frac{17}{65}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 1 $\frac{24}{65}$ par chaque période de 7083 ans $\frac{2}{3}$, diminue par conséquent sur ce satellite de 2946 $\frac{3}{5}$ pendant chacune de ces périodes, en sorte qu'après 15 $\frac{3}{4}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par Saturne à son troisième satellite sera encore 4500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme cette chaleur du soleil sur Saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre :: 1 : 90 à très peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité de chaleur 4500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de 15 $\frac{3}{4}$ périodes de 7083 ans $\frac{2}{3}$, c'est-à-dire au bout de 111567 ans, la chaleur que Saturne enverra encore à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que ce satellite, n'ayant plus aucune chaleur propre depuis très longtemps, ne laissera pas de jouir alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et comme cette chaleur envoyée par Saturne a très considérablement prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, il le prolongera de même pendant 15 $\frac{3}{4}$ autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 223134 de la formation des planètes que ce troisième satellite de Saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre:

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation dans le temps de l'incandescence que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 7083 ans $\frac{2}{3}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de 296 jours. Mais la chaleur envoyée par Saturne dans le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite :: 596 $\frac{48}{361}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil

doit être diminuée dans la même raison ; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{41}{361}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de $563\frac{1}{2}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par Saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre de ce satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{361\frac{1}{2}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{41}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{361\frac{1}{2}}$ du premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{9838}{361}}{1132602}$ ou $\frac{27\frac{1}{4}}{1132602}$, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{340\frac{5}{8}}{1132602}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période ; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{340\frac{5}{8}}{1132602}$ :: $7083\frac{1}{3}$: $\frac{2412878\frac{5}{8}}{28315050}$, ou :: $7083\frac{1}{3}$ ans : 31 jours environ. Ainsi le prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 296 jours, n'a réellement été que de 31 jours.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes ces périodes, on trouvera que la compensation par la chaleur du soleil, dans le temps de l'incandescence ayant été, comme nous venons de le dire, $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{41}{361}}$, sera, à la fin de 15 périodes $\frac{3}{4}$ de 7803 ans $\frac{1}{3}$ chacune, de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 15 périodes $\frac{3}{4}$ que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{41}{361}}$

et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces 15 périodes $\frac{3}{4}$, on a $\frac{\frac{7584\,^5/_9}{361}}{92306\,^5/_8}$ ou $\frac{21\frac{3}{324}}{92306\,^5/_8}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur pendant les 15 périodes $\frac{3}{4}$ de 7083 ans $\frac{2}{3}$ chacune, donnent $\frac{262\,^5/_8}{92306\,^5/_8}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil ; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps total des périodes est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{262\,^5/_8}{92306\,^5/_8}$: : 111567 ans : 12 ans 254 jours. Ainsi le prolongement total que fera la chaleur du soleil pendant toutes ces périodes ne sera que de 12 ans 254 jours, qu'il faut ajouter au 111567 ans : d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 111580 de la formation des planètes que ce satellite jouira réellement de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce temps, c'est-à-dire que ce ne sera que dans l'année 223160 de la formation des planètes que sa température pourra être refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant les mêmes raisonnements pour le quatrième satellite de Saturne, que nous avons supposé grand comme la terre, on verra qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 534 ans $\frac{12}{25}$, parce que ce satellite étant égal au globe terrestre, il se seroit consolidé jusqu'au centre en 2905 ans, s'il étoit de même densité ; mais la densité de la terre étant à celle de ce satellite : : 1000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer le temps de la consolidation dans la même raison, ce qui donne 534 ans $\frac{12}{25}$. Il en est de même du temps du refroidissement au point de toucher sans se brûler la surface du satellite : on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il s'est refroidi à ce point en 6239 $\frac{9}{16}$ ans, et ensuite qu'il s'est refroidi à la température actuelle de la terre en 13624 $\frac{2}{3}$. Or l'action de la chaleur du soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation étoit au commencement de cette première période, dans le temps de l'incandescence, $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même

période de 13624 $\frac{2}{3}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier temps de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette période de 13624 ans $\frac{2}{3}$, et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ :: 13624 $\frac{2}{3}$: 1 $\frac{14}{25}$ environ. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil n'a été que 1 an $\frac{14}{25}$ pendant cette première période de 13624 ans $\frac{2}{3}$.

Mais la chaleur de Saturne, qui, dans le temps de l'incandescence, étoit vingt-cinq fois plus grande que la chaleur de la température actuelle de la terre, n'avoit encore diminué, au bout de cette période de 13624 $\frac{2}{3}$, que de 25 à 22 $\frac{12}{63}$ environ; et comme ce satellite est à 278 mille lieues de distance de Saturne, et à 313 millions 500 mille lieues de distance du soleil, la chaleur envoyée par Saturne dans le temps de l'incandescence auroit été en raison du carré de 313500000 au carré de 278000, si la surface que présente Saturne à son quatrième satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de Saturne, n'étant dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que celle de cet astre, dans la raison inverse du carré des distances. Ainsi l'on aura $(278000)^2$: $(313500000)^2$ :: $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$: 10024 $\frac{1}{2}$ environ. Donc la surface que présente Saturne à ce satellite est 10024 $\frac{1}{2}$ fois plus grande que celle que lui présente le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, lorsqu'au bout de 13624 ans $\frac{2}{3}$ il se seroit refroidi comme la terre au point de la température actuelle, et que, dans le temps de l'incandescence, cette com-

pensation par la chaleur du soleil n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$; on aura donc 10024 $\frac{1}{2}$ multipliés par $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ ou $\frac{111\frac{27}{361}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de Saturne au commencement de cette période dans le temps de l'incandescence, et $\frac{111\frac{27}{361}}{50}$ pour la compensation que la chaleur de Saturne auroit faite à la fin de cette même période, s'il eût conservé son état d'incandescence; mais comme la chaleur propre de Saturne a diminué de 25 à 22 $\frac{12}{63}$ environ pendant cette période de 13524 ans $\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de cette période, au lieu d'être $\frac{111\frac{27}{361}}{50}$, n'a été que de $\frac{99\frac{1}{38}}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{99\frac{1}{38}}{50}$ et $\frac{111\frac{27}{361}}{1250}$ de la compensation du premier et du dernier temps de cette période, on aura $\frac{2587\frac{27}{361}}{1250}$ environ, lesquels multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{32253\frac{1}{2}}{1250}$ ou 26 $\frac{1}{50}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Saturne sur son quatrième satellite pendant cette première période de 13624 ans $\frac{2}{3}$; et comme la perte totale de la chaleur propre est à là compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 26 $\frac{1}{50}$ :: 13624 $\frac{2}{3}$: 14180 $\frac{12}{50}$. Ainsi le temps dont la chaleur de Saturne a prolongé le refroidissement de ce satellite a été de 14180 ans $\frac{12}{50}$ environ pour cette première période, tandis que le prolongement de son refroidissement par la chaleur du soleil n'a été que de 1 an $\frac{14}{25}$. Ajoutant à ces deux temps celui de la période, on voit que ce seroit dans l'année 27807 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 47025 ans, que ce quatrième satellite auroit joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par Saturne à ce quatrième satellite a été égale à sa chaleur propre s'est trouvé au 11 $\frac{1}{4}$ terme environ de cette première période, qui multiplié par 545, nombre des années de chaque terme de cette période, donne 6131 ans $\frac{1}{4}$; en sorte que ç'a été dans l'année 6132 de la formation des planètes que la chaleur envoyée par Saturne à son

quatrième satellite s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au-dessous de celle que lui envoyoit Saturne dans l'année 6132 de la formation des planètes, et que Saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 10024 $\frac{1}{2}$ fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 13624 ans $\frac{2}{3}$, une chaleur 8938 $\frac{19}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur de Saturne n'avoit diminué que de 25 à 22 $\frac{19}{65}$ pendant cette première période; et au bout d'une seconde période de 13624 ans $\frac{2}{3}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre, Saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 7853 $\frac{3}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit encore diminué que de 22 $\frac{19}{25}$ à 20 $\frac{48}{65}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 2 $\frac{46}{65}$ par chaque période de 13624 ans $\frac{2}{3}$, diminue par conséquent sur son satellite de 1085 $\frac{18}{25}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après quatre périodes environ, cette chaleur envoyée par Saturne à son quatrième satellite sera encore 4500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais comme cette chaleur du soleil sur Saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre :: 1 : 90 à très peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité de chaleur 4500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de quatre périodes de 13624 ans $\frac{2}{3}$ chacune, c'est-à-dire au bout de 54498 ans $\frac{2}{3}$, la chaleur que Saturne a envoyée à son quatrième satellite étoit égale à la chaleur actuelle de la terre, et que ce satellite, n'ayant plus aucune chaleur propre depuis long-temps, n'a pas laissé de jouir alors

d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et comme cette chaleur envoyée par Saturne a considérablement prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, il le prolongera de même pendant quatre autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 108997 de la formation des planètes que ce quatrième satellite de Saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation dans le temps de l'incandescence que de $\frac{\frac{4}{361}}{1350}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 13624 ans $\frac{2}{5}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de 1 an 204 jours; mais la chaleur envoyée par Saturne dans le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite : : 111 $\frac{27}{361}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{861}}{1361\frac{27}{361}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de 99 $\frac{1}{5}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par Saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été

que $\frac{\frac{4}{361}}{149\frac{1}{3}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{149\frac{1}{3}}$ du premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{6014\frac{4}{11}}{361}}{203072\frac{4}{11}}$ ou $\frac{16\frac{238}{361}}{203072\frac{4}{11}}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{208\frac{7}{10}}{203072\frac{4}{11}}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{203072\frac{4}{11}}{208\frac{7}{30}}$: : 13624 $\frac{2}{3}$: $\frac{2837109\frac{5}{6}}{5076809}$, ou : : 13624 ans $\frac{2}{3}$: 204 jours environ. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 1 an 204 jours, n'a réellement été que de 204 jours.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite la chaleur du soleil pendant toutes ces périodes, on trouvera que la compensation, dans le temps de l'incandescence ayant été $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$, sera, à la fin de quatre périodes, $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces quatre périodes que la température de ce satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier temps de ces quatre périodes, on a $\frac{\frac{5644\frac{5}{11}}{361}}{68053\frac{4}{9}}$ ou $\frac{15\frac{229}{361}}{68053\frac{4}{9}}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{195\frac{5}{6}}{68053\frac{4}{9}}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant les quatre périodes de 13624 ans $\frac{2}{3}$ chacune; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation en même raison que le temps total de ces périodes est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{195\frac{5}{6}}{68053\frac{4}{9}}$: : 54498 ans $\frac{2}{3}$: 6 ans 87 jours. Ainsi le prolongement total que fera la chaleur du soleil sur ce satellite ne sera que de 6 ans 87 jours, qu'il faut ajouter aux 54498 ans $\frac{2}{3}$: d'où l'on

voit que ç'a a été dans l'année 54505 de la formation des planètes que ce satellite a joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce temps, c'est-à-dire que ce ne sera que dans l'année 109010 de la formation des planètes que sa température sera refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Enfin, faisant le même raisonnement pour le cinquième satellite de Saturne, que nous supposerons encore grand comme la terre, on verra qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 534 ans $\frac{14}{25}$, se refroidir au point d'en toucher la surface sans se brûler en 6239 ans $\frac{2}{16}$, et au point de la température actuelle de la terre en 13624 ans $\frac{2}{3}$, et l'on trouvera de même que le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil n'a été que de 1 an 204 jours pour la première période de 13624 ans $\frac{2}{3}$.

Mais la chaleur de Saturne, qui, dans le temps de l'incandescence, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, n'avoit encore diminué, au bout de cette période de 13624 $\frac{2}{3}$, que de 25 à 22 $\frac{19}{65}$; et comme ce satellite est à 808 mille lieues de Saturne, et à 313 millions 500 mille lieues de distance du soleil, la chaleur envoyée par Saturne, dans le temps de l'incandescence, à ce satellite, auroit été en raison du carré de 313500000 au carré de 808000, si la surface que présente Saturne à son cinquième satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de Saturne n'étant, dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroit néanmoins plus grande à ce satellite que celle de cet astre dans la raison inverse du carré des distances. Ainsi l'on aura $(808000)^2 : (313500000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 1185\frac{2}{3}$. Donc la surface que Saturne présente à ce satellite est 1186 $\frac{2}{3}$ fois plus grande que celle que lui présente le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, lorsqu'au bout de 13624 ans $\frac{2}{3}$ il se seroit refroidi, comme la terre, au point de la température actuelle, et que, dans le temps de l'incandescence, la compen-

sation par la chaleur du soleil n'a été que $\frac{\frac{4}{561}}{1250}$; on aura donc $1186\frac{2}{3}$, multipliés par $\frac{\frac{4}{561}}{1250}$ ou $\frac{13\frac{52}{561}}{1250}$ pour la compensation dans le temps de l'incandescence, et $\frac{13\frac{52}{561}}{50}$ pour la compensation à la fin de cette première période, si Saturne eût conservé son état d'incandescence : mais comme sa chaleur propre a diminué de 25 à $23\frac{12}{65}$ pendant cette période de $13624\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de la période. au lieu d'être $\frac{13\frac{52}{561}}{50}$, n'a été que de $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$ et $\frac{13\frac{52}{561}}{1250}$ du premier et du dernier temps de cette période, on aura $\frac{306\frac{317}{763}}{1250}$, lesquels étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{3832\frac{16}{25}}{1250}$, ou $3\,\frac{82\frac{1}{5}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Saturne pendant cette première période; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 3\frac{82\frac{1}{5}}{1250} :: 13623\frac{1}{2} : 1670\frac{43}{50}$. Ainsi le temps dont la chaleur de Saturne a prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette première période de $13624\frac{2}{3}$ a été de 1670 ans $\frac{43}{50}$, tandis que le prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil n'a été que de 1 an 204 jours. Ajoutant ces deux temps du prolongement du refroidissement au temps de la période, qui est de 13624 ans $\frac{2}{3}$, on aura 15297 ans 30 jours environ : d'où l'on voit que ce seroit dans l'année 15298 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 59534 ans, que ce cinquième satellite de Saturne auroit joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Dans le commencement de la seconde période de 13624 ans $\frac{2}{3}$, la chaleur de Saturne a fait compensation de $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$, et auroit fait à la fin de cette même période une compensation de $\frac{293\frac{1}{2}}{50}$, si Saturne eût conservé son même état de chaleur; mais comme sa chaleur propre a diminué pendant cette seconde période de $22\frac{19}{65}$ à $20\frac{48}{65}$, cette compensation, au lieu d'être

$\frac{293\frac{1}{3}}{50}$, n'est que de $\frac{273\frac{5}{32}}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{11\frac{19}{32}}{50}$ et $\frac{273\frac{5}{32}}{50}$ du premier et du dernier temps de cette seconde période, on aura $\frac{284\frac{3}{4}}{50}$ à très peu près, qui multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{3559}{50}$ ou $71\frac{9}{50}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de Saturne pendant cette seconde période; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 71\frac{9}{50} :: 13624\frac{2}{5} : 38792\frac{19}{100}$. Ainsi le prolongement du temps pour le refroidissement de ce satellite par la chaleur de Saturne, ayant été de 1670 ans $\frac{43}{50}$ pour la première période, a été de 38792 ans $\frac{19}{100}$ pour la seconde.

Le moment où la chaleur envoyée par Saturne s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce satellite est à $4\frac{15}{58}$ terme à très peu près de l'écoulement du temps dans cette seconde période, qui multiplié par 545, nombre des années de chaque terme de ces périodes, donne 2320 ans 336 jours, lesquels étant ajoutés aux 243 jours de la première période donnent 15945 ans 224 jours. Ainsi ç'a été dans l'année 15946 de la formation des planètes que la chaleur envoyée par Saturne à ce satellite s'est trouvée égale à sa chaleur propre.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au-dessous de celle que lui envoyoit Saturne dans l'année 15946 de la formation des planètes, et que Saturne ayant été envoyé à ce satellite, dans le temps de l'incandescence, une chaleur $1186\frac{2}{3}$ fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 13624 ans $\frac{2}{5}$, une chaleur $1058\frac{21}{75}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur de Saturne n'avoit diminué que de 25 à $22\frac{17}{65}$ pendant cette première période; et au bout d'une seconde période de 13624 ans $\frac{2}{5}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre, Saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur de $929\frac{13}{15}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de Saturne n'avoit encore diminué que de $22\frac{17}{65}$ à $20\frac{48}{65}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de Saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $2 \frac{46}{65}$ par chaque période de 13624 ans $\frac{2}{3}$, diminue par conséquent sur ce satellite de $128 \frac{22}{75}$ pendant chacune de ces périodes.

Mais comme cette chaleur du soleil sur Saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre : : 1 : 90, à très peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit que jamais Saturne n'a envoyé à ce satellite une chaleur égale à celle du globe de la terre, puisque, dans le temps même de l'incandescence, cette chaleur, envoyée par Saturne, n'étoit que $1186 \frac{2}{3}$ fois plus grande que celle du soleil sur Saturne, c'est-à-dire $\frac{1186 \frac{2}{3}}{90}$ ou $13 \frac{17}{90}$ fois plus grande que celle de la chaleur du soleil sur la terre, ce qui ne fait que $\frac{13 \frac{17}{90}}{50}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; et c'est par cette raison qu'on doit s'en tenir à l'évaluation telle que nous l'avons faite ci-dessus dans la première et la seconde période du refroidissement de ce satellite.

Mais l'évaluation de la compensation faite par la chaleur du soleil doit être faite comme celle des autres satellites, parce qu'elle dépend encore beaucoup de celle que la chaleur de Saturne a faite sur ce même satellite dans les différents temps. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le temps de l'incandescence, que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de cette même période de 13642 ans $\frac{2}{3}$ cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil auroit en effet été de 1 an 204 jours : mais la chaleur envoyée par Saturne dans le temps de l'incandescence étant à la chaleur propre du satellite : : $13 \frac{53}{361}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que de $\frac{\frac{4}{361}}{1263 \frac{53}{361}}$ au commencement de

cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la même raison de 11 $\frac{37}{50}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par Saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre du Satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation, à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{61\,^{37}/_{50}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1363\,\frac{33}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{61\,^{37}/_{50}}$ du premier et du dernier temps de cette première période, on a $\frac{\frac{5299\,^{9}/_{11}}{381}}{77987}$ ou $\frac{14\,^{2}/_{3}}{77897}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{133\,^{1}/_{3}}{77987}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendan cette première période; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{183\,^{1}/_{3}}{77987}$ :: 13624 $\frac{2}{3}$: 1 an 186 jours. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 1 an 204 jours, n'a réellement été que de 1 an 186 jours pendant la première période.

Dans la seconde période la compensation, étant au commencement $\frac{\frac{4}{361}}{61\,^{37}/_{50}}$, sera à la fin de cette même période $\frac{\frac{100}{361}}{60\,^{1}/_{5}}$, parce que la chaleur envoyée par Saturne pendant cette seconde période a diminué dans cette même raison. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{61\,^{37}/_{50}}$ et $\frac{\frac{100}{361}}{60\,^{1}/_{5}}$, on a $\frac{\frac{6415\,^{2}/_{5}}{361}}{3715}$, qui multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{80196}{361}}{3715}$ ou $\frac{222\,\frac{1}{361}}{3715}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette seconde période; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le temps de la période est au prolongement du refroidisse-

ment, on aura $25 : \frac{222\frac{74}{151}}{8715} :: 13624\frac{2}{3} :$ 32 ans 214 jours. Ainsi le prolongement total que fera la chaleur du soleil sera de 32 ans 214 jours pendant cette seconde période. Ajoutant donc ces deux temps, 1 an 186 jours et 32 ans 214 jours du prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil pendant la première et la seconde période, aux 1670 ans 313 jours du prolongement par la chaleur de Saturne pendant la première période, et aux 38792 ans 69 jours du prolongement par cette même chaleur de Saturne pour la seconde période, on a pour le prolongement total 40497 ans 52 jours, qui étant joints aux 27249 ans 121 jours des deux périodes, font en tout 67746 ans 173 jours : d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 67747 de la formation des planètes, c'est-à-dire il y a 7085 ans, que ce cinquième satellite de Saturne a été refroidi au point de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Voici donc, d'après nos hypothèses, l'ordre dans lequel la terre, les planètes et leurs satellites, se sont refroidis ou se refroidiront au point de la chaleur actuelle du globe terrestre, et ensuite au point d'une chaleur vingt-cinq fois plus petite que cette chaleur actuelle de la terre.

		REFROIDIES À LA TEMPÉRATURE ACTUELLE.	REFROIDIES à $\frac{1}{25}$ de la température ACTUELLE.
LA TERRE.		en 74832 ans.	En. . . 168123 ans.
LA LUNE.		en 16409	En. . . 72514
MERCURE.		en 54192	En. . . 187765
VÉNUS.		en 91643	En. . . 228540
MARS.		en 28538	En. . . 60326
JUPITER.		en 240451	En. . . 483121
SATELLITES DE JUPITER.	Le 1er.	en 222203	En. . . 444406
	Le 2d.	en 193090	En. . . 386180
	Le 3e.	en 176212	En. . . 352424
	Le 4e.	en 70296	En. . . 140542
SATURNE.		en 130821	En. . . 262020
ANNEAU DE SATURNE.		en 126473	En. . . 252496
SATELLITES DE SATURNE	Le 1er.	en 124490	En. . . 248980
	Le 2d.	en 119607	En. . . 239214
	Le 3e.	en 111580	En. . . 223160
	Le 4e.	en 54505	En. . . 109010
	Le 5e.	en 15298	En. . . 67747

Et à l'égard de la consolidation de la terre, des planètes et de leurs satellites, et de leur refroidissement respectif, jusqu'au moment où leur chaleur propre auroit permis de les toucher sans se brûler, c'est-à-dire sans ressentir de la douleur, nous avons trouvé qu'abstraction faite de toute compensation, et ne faisant attention qu'à la déperdition de leur chaleur propre, les rapports de leur consolidation jusqu'au centre, et de leur refroidissement au point de pouvoir les toucher sans se brûler, sont dans l'ordre suivant.

CONSOLIDÉES JUSQU'AU CENTRE.				REFROIDIES à pouvoir LES TOUCHER.	
			ans.		ans.
LA TERRE.		en	2905	En. . . .	33911
LA LUNE.		en	556	En. . . .	6492
MERCURE.		en	1976 $\frac{3}{10}$	En. . . .	23054
VÉNUS.		en	3484 $\frac{12}{25}$	En. . . .	40674
MARS.		en	1102 $\frac{18}{25}$	En. . . .	12873
JUPITER.		en	9331	En. . . .	108922
SATELLITES DE JUPITER.	Le 1er.	en	231 $\frac{43}{125}$	En. . . .	2690 $\frac{2}{5}$
	Le 2d	en	282 $\frac{733}{1000}$	En. . . .	3300 $\frac{67}{100}$
	Le 3e	en	435 $\frac{51}{200}$	En. . . .	5149 $\frac{11}{200}$
	Le 4e	en	848 $\frac{1}{4}$	En. . . .	9902
SATURNE.		en	5078	En. . . .	59276
ANNEAU de SATURNE.		en	18 $\frac{17}{25}$	En. . . .	217 $\frac{787}{1000}$
SATELLITES DE SATURNE.	Le 1er.	en	145 $\frac{3}{4}$	En. . . .	1701 $\frac{79}{125}$
	Le 2d	en	178 $\frac{3}{25}$	En. . . .	2079 $\frac{35}{62}$
	Le 3e	en	277 $\frac{19}{25}$	En. . . .	3244 $\frac{20}{31}$
	Le 4e	en	534 $\frac{3}{25}$	En. . . .	6239 $\frac{9}{16}$
	Le 5e	en	534 $\frac{13}{25}$	En. . . .	6239 $\frac{9}{16}$

Ces rapports, quoique moins précis que ceux du refroidissement à la température actuelle, le sont néanmoins assez pour notre objet, et c'est par cette raison que je n'ai pas cru devoir prendre la même peine pour fair l'évaluation de toutes les compensations que la chaleur du soleil, aussi bien que celle de la lune, et celle des satellites de Jupiter et de Saturne, ont pu faire à la perte de la chaleur propre de chaque planète, pour le temps nécessaire à leur consolidation jusqu'au centre. Comme ces temps ont précédé celui de l'établissement de la nature vivante, et que les prolongements produits par les

compensations dont nous venons de parler ne sont pas d'un très grand nombre d'années, cela devient indifférent aux vues que je me propose, et je me contenterai d'établir, par une simple règle de proportion, les rapports de ces prolongements pour les temps nécessaires à la consolidation des planètes, et à leur refroidissement jusqu'au point de pouvoir les toucher. Par exemple, on trouvera le temps de la consolidation de la terre jusqu'au centre, en disant : la période de 74047 ans du temps nécessaire pour son refroidissement à la température actuelle (abstraction faite de toute compensation) *est à la période* de 2905, temps nécessaire à la consolidation jusqu'au centre (abstraction faite aussi de toute compensation), *comme la période* 74832 de son refroidissement à la température actuelle, toute compensation évaluée, *est à* 2936 ans, temps réel de sa consolidation, toute compensation aussi comprise; et de même on dira : la période de 74047 du temps nécessaire pour le refroidissement de la terre à la température actuelle (abstraction faite de toute compensation), *est à la période* de 33911 ans, temps nécessaire à son refroidissement au point de pouvoir la toucher (abstraction faite aussi de toute compensation), *comme la période* 74832 de son refroidissement à la température actuelle, toute compensation évaluée, *est à* 34270 ans $\frac{1}{2}$, temps réel de son refroidissement jusqu'au point de pouvoir la toucher, toute compensation évaluée.

On aura donc, dans la table suivante, l'ordre de ces rapports, que je joins à ceux indiqués ci-devant, pour le refroidissement à la température actuelle, et à $\frac{1}{25}$ de cette température.

CONSOLIDÉES jusqu'au CENTRE.	REFROIDIES à pouvoir LES TOUCHER.	REFROIDIES à la température ACTUELLE.	REFROIDIES à $\frac{1}{25}$ de la température ACTUELLE.
ans.	ans.	ans.	ans.
	LA TERRE.		
En. . . . 2936	En. . 34270½	En. . 74832	En. . . 168123
	LA LUNE.		
En. . . . 644	En. . 7515	En. . 16409	En. . . 72514
	MERCURE.		
En. . . . 2127	En. . 24813	En. . 54192	En. . . 187765
	VÉNUS.		
En. . . . 3596	En. . 41969	En. . 91643	En. . . 228540
	MARS.		
En. . . . 1130	En. . 13034	En. . 28538	En. . . 60326
	JUPITER.		
En. . . . 9433	En. . 110118	En. . 240451	En. . . 483121
	Ier SATELLITE.		
En. . . . 8886	En. . 101376	En. . 222203	En. . . 444406
	IId SATELLITE.		
En. . . . 7496	En. . 87500	En. . 193090	En. . . 386180
	IIIe SATELLITE.		
En. . . . 6821	En. . 80700	En. . 176212	En. . . 352424
	IVe SATELLITE.		
En. . . . 2758	En. . 32194	En. . 70296	En. . . 140542
	SATURNE.		
En. . . . 5140	En. . 59911	En. . 130821	En. . . 262020
	ANNEAU DE SATURNE.		
En. . . . 6558	En. . 76512	En. . 126473	En. . . 252946
	Ier SATELLITE.		
En. . . . 4891	En. . 57011	En. . 124490	En. . . 248980
	IId SATELLITE.		
En. . . . 4688	En. . 54774	En. . 119607	En. . . 239214
	IIIe SATELLITE.		
En. . . . 4533	En. . 51108	En. . 111580	En. . . 223160
	IVe SATELLITE.		
En. . . . 2138	En. . 24962	En. . 54505	En. . . 109010
	Ve SATELLITE.		
En. . . . 600	En. . 7003	En. . 15298	En. . . 67747

Il ne manque à cette table, pour lui donner toute l'exactitude qu'elle peut comporter, que le rapport des densités des satellites à la densité de leur planète principale, que nous n'y avons pas fait entrer, à l'exception de la lune, où cet élément est employé. Or, ne connoissant pas le rapport réel de la densité des satellites de Jupiter et des satellites de Saturne à leurs

planètes principales, et ne connoissant que le rapport de la densité de la lune à la terre, nous nous fonderons sur cette analogie, et nous supposerons, en conséquence, que le rapport de la densité de Jupiter, ainsi que le rapport de la densité de Saturne, sont les mêmes que celui de la densité de la terre à la densité de la lune, qui est son satellite; c'est-à-dire :: 1000 : 702; car il est très naturel d'imaginer, d'après cet exemple que la lune nous offre, que cette différence entre la densité de la terre et de la lune vient de ce que ce sont les parties les plus légères du globe terrestre qui s'en sont séparées dans le temps de la liquéfaction, pour former la lune. La vitesse de la rotation de la terre étant de 9 mille lieues en vingt-trois heures cinquante-six minutes, ou de 6 lieues $\frac{1}{4}$ par minute, étoit suffisante pour projeter un torrent de la matière liquide la moins dense, qui s'est rassemblée, par l'attraction mutuelle de ses parties, à 85 mille lieues de distance, et y a formé le globe de la lune, dans un plan parallèle à celui de l'équateur de la terre. Les satellites de Jupiter et de Saturne, ainsi que son anneau, sont aussi dans un plan parallèle à leur équateur, et ont été formés de même par la force centrifuge, encore plus grande dans ces grosses planètes que dans le globe terrestre, puisque leur vitesse de rotation est beaucoup plus grande. Et de la même manière que la lune est moins dense que la terre dans la raison de 702 à 1000, on peut présumer que les satellites de Jupiter et ceux de Saturne sont moins denses que ces planètes dans cette même raison de 702 à 1000. Il faut donc corriger, dans la table précédente, tous les articles des satellites, d'après ce rapport, et alors elle se présentera dans l'ordre suivant.

TABLE PLUS EXACTE

Des temps du refroidissement des planètes et de leurs satellites.

CONSOLIDÉES jusqu'au CENTRE.	REFROIDIES à pouvoir LES TOUCHER.	REFROIDIES à la température ACTUELLE.	REFROIDIES à $\frac{1}{25}$ de la température ACTUELLE.
ans.	ans.	ans.	ans.
	LA TERRE.		
En... 2936	En.. 34270 $\frac{1}{2}$	En.. 74832	En.. 168123
	LA LUNE.		
En... 644	En.. 7515	En.. 16409	En.. 72514
	MERCURE.		
En... 2127	En.. 24813	En.. 54192	En.. 187765
	VÉNUS.		
En... 3596	En.. 41969	En.. 91643	En.. 228540
	MARS.		
En... 1130	En.. 13034	En.. 28538	En.. 60326
	JUPITER.		
En... 9433	En.. 110118	En.. 240451	En.. 483121
	SATELLITES DE JUPITER.		
1er en 6238	En.. 71166	En.. 155986	En.. 311973
2d en 5262	En.. 61425	En.. 135549	En.. 271098
3e en 4788	En.. 56651 $\frac{2}{5}$	En.. 123700 $\frac{5}{6}$	En.. 247401 $\frac{4}{6}$
4e en 1936	En.. 22600 $\frac{1}{5}$	En.. 49348	En.. 98696
	SATURNE.		
En... 5140	En.. 59911	En.. 130821	En.. 262020
	ANNEAU DE SATURNE.		
En... 4604	En.. 53711	En.. 88784	En.. 177568
	SATELLITES DE SATURNE.		
1er en 3433	En.. 40021 $\frac{9}{25}$	En.. 87392	En.. 174784
2d en 3291	En.. 38451 $\frac{1}{3}$	En.. 83964	En.. 167928
3e en 3182	En.. 35878	En.. 78329	En.. 156658
4e en 1502	En.. 17523 $\frac{1}{3}$	En.. 38262 $\frac{1}{2}$	En.. 76525
5e en 421 $\frac{1}{5}$	En.. 4916	En.. 10739	En.. 47558

En jetant un coup d'œil de comparaison sur cette table, qui contient le résultat de nos recherches et de nos hypothèses, on voit :

1° Que le cinquième satellite de Saturne a été la première terre habitable, et que la nature vivante n'y a duré que depuis l'année 4916 jusqu'à l'année 47558 de la formation des planètes, en sorte qu'il y a long-temps que cette planète secon-

daire est trop froide pour qu'il puisse y subsister des êtres organisés semblables à ceux que nous connoissons.

2° Que la lune a été la seconde terre habitable, puisque son refroidissement au point de pouvoir en toucher la surface s'est fait en 7515 ans; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 16409 ans, il s'ensuit qu'elle a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante, peu d'années après les 7515 ans depuis la formation des planètes, et que par conséquent la nature organisée a pu y être établie dès ce temps, et que, depuis cette année 7515 jusqu'à l'année 72514, la température de la lune s'est refroidie jusqu'à $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, en sorte que les êtres organisés n'ont pu y subsister que pendant 60 mille ans tout au plus; et enfin qu'aujourd'hui, c'est-à-dire depuis 2318 ans environ, cette planète est trop froide pour être peuplée de plantes et d'animaux.

3° Que Mars a été la troisième terre habitable, puisque son refroidissement au point de pouvoir en toucher la surface s'est fait en 13034 ans; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 28538 ans, il s'ensuit qu'il a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante peu d'années après les 13034, et que par conséquent la nature organisée a pu y être établie dès ce temps de la formation des planètes, et que, depuis cette année 13034 jusqu'à l'année 60326, la température s'est trouvée convenable à la nature des êtres organisés, qui, par conséquent, ont pu y subsister pendant 47292 ans; mais qu'aujourd'hui cette planète est trop refroidie pour être peuplée, depuis plus de 14000 ans.

4° Que le quatrième satellite de Saturne a été la quatrième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 17523, et durera tout au plus jusqu'à l'année 76526 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement (c'est-à-dire en 74832) beaucoup plus froide que la terre, les êtres organisés ne peuvent y subsister que dans un état de langueur, ou même n'y subsistent plus.

5° Que le quatrième satellite de Jupiter a été la cinquième

terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 22600, et y durera jusqu'à l'année 98696 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire est actuellement plus froide que la terre, mais pas assez néanmoins pour que les êtres organisés ne puissent encore y subsister.

6° Que Mercure a été la sixième terre habitable, puisque son refroidissement au point de pouvoir le toucher s'est fait en 24813 ans, et son refroidissement à la température actuelle en 54192 ans; il s'ensuit donc qu'il a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante peu d'années après les 24813 ans, et que par conséquent la nature organisée a pu y être établie dès ce temps, et que depuis cette année 24813 de la formation des planètes, jusqu'à l'année 187765, sa température s'est trouvée et se trouvera convenable à la nature des êtres organisés, qui par conséquent ont pu et pourront encore y subsister pendant 162952 ans; en sorte qu'aujourd'hui cette planète peut être peuplée de tous les animaux et de toutes les plantes qui couvrent la surface de la terre.

7° Que le globe terrestre a été la septième terre habitable, puisque son refroidissement au point de pouvoir le toucher s'est fait en 34770 ans $\frac{1}{2}$; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 74832 ans, il s'ensuit qu'il a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante peu d'années après les 34770 ans $\frac{1}{2}$, et que par conséquent la nature, telle que nous la connoissons, a pu y être établie dès ce temps, c'est-à-dire il y a 40062 ans, et pourra encore y subsister jusqu'en l'année 168123, c'est-à-dire pendant 93291 ans, à dater de ce jour.

8° Que le troisième satellite de Saturne a été la huitième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 35878, et y durera jusqu'à l'année 156658 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement un peu plus chaude que la terre, la nature organisée y est dans sa vigueur, et telle qu'elle étoit sur la terre il y a trois ou quatre mille ans.

9° Que le second satellite de Saturne a été la neuvième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 38451, et y durera jusqu'à l'année 167928 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement plus chaude que la terre, la nature organisée y est dans sa pleine vigueur, et telle qu'elle étoit sur le globe terrestre il y a huit ou neuf mille ans.

10° Que le premier satellite de Saturne a été la dixième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 40020, et y durera jusqu'à l'année 174784 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement considérablement plus chaude que le globe terrestre, la nature organisée y est dans sa première vigueur, et telle qu'elle étoit sur la terre il y a douze à treize mille ans.

11° Que Vénus a été la onzième terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir la toucher, s'est fait en 41969 ans; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 91643 ans, il s'ensuit qu'elle jouit actuellement d'une chaleur plus grande que celle dont nous jouissons, et à peu près semblable à celle dont jouissoient nos ancêtres il y à six ou sept mille ans, et que depuis cette année 41979, ou quelque temps après, la nature organisée a pu y être établie, et que jusqu'à l'année 228540 elle pourra y subsister; en sorte que la durée de la nature vivante, dans cette planète, a été et sera de 186571 ans.

12° Que l'anneau de Saturne a été la douzième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 53711, et y durera jusqu'à l'année 177568 de la formation des planètes; en sorte que cet anneau étant beaucoup plus chaud que le globe terrestre, la nature organisée y est dans sa première vigueur, telle qu'elle étoit sur la terre il y a treize ou quatorze mille ans.

13° Que le troisième satellite de Jupiter a été la treizième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 56651, et y durera jusqu'en l'année 247401 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant

beaucoup plus chaude que la terre, la nature organisée ne fait que commencer de s'y établir.

14° Que Saturne a été la quatorzième terre habitable, puisque son refroidissement au point de pouvoir la toucher s'est fait en 59911 ans; et son refroidissement à la température actuelle devant se faire en 130821 ans, il s'ensuit que la nature vivante a pu y être établie peu de temps après cette année 59911 de la formation des planètes, et que par conséquent elle y a subsisté et pourra y subsister encore jusqu'en l'année 262020; en sorte que la nature vivante y est actuellement dans sa première vigueur, et pourra durer dans cette grosse planète pendant 262020 ans.

15° Que le second satellite de Jupiter a été la quinzième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 61425, c'est-à-dire depuis 13407 ans, et qu'elle y durera jusqu'à l'année 271098 de la formation des planètes.

16° Que le premier satellite de Jupiter a été la seizième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 71166, c'est-à-dire depuis 3666 ans, et qu'elle y durera jusqu'en l'année 311973 de la formation des planètes.

17° Enfin que Jupiter est le dernier des globes planétaires sur lequel la nature vivante pourra s'établir. Nous devons donc conclure, d'après ce résultat général de nos recherches, que des dix-sept corps planétaires, il y en a en effet trois, savoir, le cinquième satellite de Saturne, la lune et Mars, où notre nature seroit gelée; un seul, savoir, Jupiter, où la nature vivante n'a pu s'établir jusqu'à ce jour, par la raison de la trop grande chaleur encore subsistante dans cette grosse planète; mais que, dans les treize autres, savoir, le quatrième satellite de Saturne, le quatrième satellite de Jupiter, Mercure, le globe terrestre, le troisième, le second et le premier satellite de Saturne, Vénus, l'anneau de Saturne, le troisième satellite de Jupiter, Saturne, le second et le premier satellite de Jupiter, la chaleur, quoique de degrés très différents, peut néanmoins convenir actuellement à l'existence des êtres organisés, et on peut croire que tous ces vastes corps sont, comme

le globe terrestre, couverts de plantes et même peuplés d'êtres sensibles, à peu près semblables aux animaux de la terre. Nous démontrerons ailleurs, par un grand nombre d'observations rapprochées, que dans tous les lieux où la température est la même on trouve non-seulement les mêmes espèces de plantes, les mêmes espèces d'insectes, les mêmes espèces de reptiles, sans les y avoir portées, mais aussi les mêmes espèces de poissons, les mêmes espèces de quadrupèdes, les mêmes espèces d'oiseaux, sans qu'ils y soient allés; et je remarquerai en passant qu'on s'est souvent trompé en attribuant à la migration et au long voyage des oiseaux les espèces de l'Europe qu'on trouve en Amérique ou dans l'orient de l'Asie; tandis que ces oiseaux d'Amérique et d'Asie, tout-à-fait semblables à ceux de l'Europe, sont nés dans leur pays, et ne viennent pas plus chez nous que les nôtres ne vont chez eux. La même température nourrit, produit partout les mêmes êtres; mais cette vérité générale sera démontrée plus en détail dans quelques-uns des articles suivants.

On pourra remarquer, 1° que l'anneau de Saturne a été presque aussi long-temps à se refroidir aux points de la consolidation et du refroidissement à pouvoir le toucher, que Saturne même; ce qui ne paroît pas vrai ni vraisemblable, puisque cet anneau est fort mince, et que Saturne est d'une épaisseur prodigieuse en comparaison. Mais il faut faire attention d'abord à l'immense quantité de chaleur que cette grosse planète envoyoit dans les commencements à son anneau, et qui, dans le temps de l'incandescence, étoit plus grande que celle de cet anneau, quoiqu'il fût aussi lui-même dans cet état d'incandescence, et que par conséquent le temps nécessaire à sa consolidation a dû être prolongé de beaucoup par cette première cause.

2° Que quoique Saturne fût lui-même consolidé jusqu'au centre en 5140 ans, il n'a cessé d'être rouge et très brûlant que plusieurs siècles après, et que par conséquent il a encore envoyé, dans les siècles postérieurs à sa consolidation, une quantité prodigieuse de chaleur à son anneau; ce qui a dû

prolonger son refroidissement dans la proportion que nous avons établie. Seulement il faut convenir que les périodes du refroidissement de Saturne, au point de la consolidation et du refroidissement à pouvoir le toucher, sont trop courtes, parce que nous n'avons pas fait l'estimation de la chaleur que son anneau et ses satellites lui ont envoyée, et que cette quantité de chaleur que nous n'avons pas estimée ne laisse pas d'être considérable : car l'anneau, comme très grand et très voisin, envoyoit à Saturne dans le commencement, non-seulement une partie de sa chaleur propre, mais encore il lui réfléchissoit une grande portion de celle qu'il en recevoit ; en sorte que je crois qu'on pourroit, sans se tromper, augmenter d'un quart le temps de la consolidation de Saturne, c'est-à-dire assigner 6857 ans pour sa consolidation jusqu'au centre, et de même augmenter d'un quart les 59911 ans que nous avons indiqués pour son refroidissement au point de le toucher, ce qui donne 79881 ans ; en sorte que ces deux termes peuvent être substitués dans la table générale aux deux premiers.

Il est de même très certain que le temps du refroidissement de Saturne au point de la température actuelle de la terre, qui est de 130821 ans, doit, par les mêmes raisons, être augmenté, non pas d'un quart, mais peut-être d'un huitième, et que cette période, au lieu d'être de 130821 ans, pourroit être de 147173 ans.

On doit aussi augmenter un peu les périodes du refroidissement de Jupiter, parce que ses satellites lui ont envoyé une portion de leur chaleur propre, et en même temps une partie de celle que Jupiter leur envoyoit : en estimant un dixième le prolongement que cette addition de chaleur peut faire aux trois premières périodes du refroidissement de Jupiter, il ne se sera consolidé jusqu'au centre qu'en 10376 ans, et ne se refroidira, au point de pouvoir le toucher, qu'en 121129 ans, et au point de la température actuelle de la terre en 264507 ans.

Je n'admets qu'un assez petit nombre d'années entre le point où l'on peut commencer à toucher, sans se brûler, les

différents globes, et celui où la chaleur cesse d'être offensante pour les êtres sensibles : car j'ai fait cette estimation d'après les expériences très souvent réitérées dans mon second mémoire, par lesquelles j'ai reconnu qu'entre le point auquel on peut, pendant une demi-seconde, tenir un globe sans se brûler, et le point où on peut le manier long-temps et où sa chaleur nous affecte d'une manière douce et convenable à notre nature, il n'y a qu'un intervalle assez court; en sorte, par exemple, que s'il faut 20 minutes pour refroidir un globe au point de pouvoir le toucher sans se brûler, il ne faut qu'une minute de plus pour qu'on puisse le manier avec plaisir. Dès-lors, en augmentant d'un vingtième les temps nécessaires au refroidissement des globes planétaires au point de pouvoir les toucher, on aura plus précisément les temps de la naissance de la nature dans chacun, et ces temps seront dans l'ordre suivant.

Date de la formation des planètes. . . . . . . 74832 ans.

Commencement, fin et durée de l'existence de la nature organisée dans chaque planète.

COMMENCEMENT.		FIN.	DURÉE absolue.	DURÉE à dater de ce jour.
	De la formation des planètes.	De la formation des planètes.	Ans.	Ans.
Ve Satellite de Saturne. . .	5161	47558	42389	0
La Lune.	7890	72514	64624	0
Mars.	13685	60326	56641	0
IVe Satellite de Saturne. . .	18399	76525	58126	1693
IVe Satellite de Jupiter. . .	23730	98696	74966	23864
Mercure.	26053	187765	161712	112933
La Terre.	35983	168123	132140	93291
IIIe Satellite de Saturne. .	37672	156658	118986	81826
IId Satellite de Saturne. . .	40373	167928	127655	93096
Ier Satellite de Saturne. . .	42021	174784	132763	99952
Vénus.	44067	228540	184473	153708
Anneau de Saturne.	56396	177568	121172	102736
IIIe Satellite de Jupiter. . .	59483	247401	187918	172569
Saturne.	62906	262020	199114	187188
IId Satellite de Jupiter. . .	64496	271098	206602	196266
Ier Satellite de Jupiter. . .	74724	311973	237249	237141
Jupiter.	115623	483121	367498	

D'après ce dernier tableau, qui approche le plus de la vérité, on voit :

1° Que la nature organisée, telle que nous la connoissons, n'est point encore née dans Jupiter, dont la chaleur est trop grande encore aujourd'hui pour pouvoir en toucher la surface, et que ce ne sera que dans 40791 ans que les êtres vivants pourroient y subsister, mais qu'ensuite s'ils y étoient établis, ils dureroient 367498 ans dans cette grosse planète ;

2° Que la nature vivante, telle que nous la connoissons, est éteinte dans le cinquième satellite de Saturne depuis 27274 ans, dans Mars depuis 14506 ans, et dans la lune depuis 2318 ans ;

3° Que la nature est prête à s'éteindre dans le quatrième satellite de Saturne, puisqu'il n'y a plus que 1693 ans pour arri-

ver au point extrême de la plus petite chaleur nécessaire au maintien des êtres organisés ;

4° Que la nature vivante est foible dans le quatrième satellite de Jupiter, quoiqu'elle puisse y subsister encore pendant 23864 ans.

5° Que sur la planète de Mercure, sur la terre, sur le troisième, sur le second et sur le premier satellite de Saturne, sur la planète de Venus, sur l'anneau de Saturne, sur le second et sur le premier satellite de Jupiter, la nature vivante est actuellement en pleine existence, et que par conséquent tous ces corps planétaires peuvent être peuplés comme le globe terrestre.

Voilà mon résultat général et le but auquel je me proposois d'atteindre. On jugera par la peine que m'ont donnée ces recherches[1], et par le grand nombre d'expériences préliminaires qu'elles exigeoient, combien je dois être persuadé de la probabilité de mon hypothèse sur la formation des planètes : et pour qu'on ne me croie pas persuadé sans raison, et même sans de très fortes raisons, je vais exposer, dans le mémoire suivant, les motifs de ma persuasion, en présentant les faits et les analogies sur lesquels j'ai fondé mes opinions, établi l'ordre de mes raisonnements, suivi les inductions que l'on en doit déduire, et enfin tiré la conséquence générale de l'existence réelle des êtres organisés et sensibles dans tous les corps du système solaire, et l'existence plus que probable de ces mêmes êtres dans tous les autres corps qui composent les systèmes des autres soleils ; ce qui augmente et multiplie presque

[1] Les calculs que supposoient ces recherches sont plus longs que difficiles, mais assez délicats pour qu'on puisse se tromper. Je ne me suis pas piqué d'une exactitude rigoureuse, parce qu'elle n'auroit produit que de légères différences, et qu'elle m'auroit pris beaucoup de temps que je pouvois mieux employer. Il m'a suffi que la méthode que j'ai suivie fût exacte, et que mes raisonnements fussent clairs et conséquents : c'est là tout ce que j'ai prétendu. Mon hypothèse sur la liquéfaction de la terre et des planètes m'a paru assez fondée pour prendre la peine d'en évaluer les effets, et j'ai cru devoir donner en détail ces évaluations comme je les ai trouvées, afin que, s'il s'est glissé dans ce long travail quelques fautes de calcul ou d'inattention, mes lecteurs soient en état de les corriger eux-mêmes.

à l'infini l'étendue de la nature vivante, et élève en même temps le plus grand de tous les monuments à la gloire du Créateur.

SECOND MÉMOIRE.

Fondements des recherches précédentes sur la température des planètes.

L'homme nouveau n'a pu voir, et l'homme ignorant ne voit encore aujourd'hui la nature et l'étendue de l'univers que par le simple rapport de ses yeux; la terre est pour lui un solide d'un volume sans bornes, d'une étendue sans limite, dont il ne peut qu'avec peine parcourir de petits espaces superficiels, tandis que le soleil, les planètes et l'immensité des cieux ne lui présentent que des points lumineux, dont le soleil et la lune lui paroissent être les seuls objets dignes de fixer ses regards. A cette fausse idée sur l'étendue de la nature et sur les proportions de l'univers s'est bientôt joint le sentiment encore plus disproportionné de la prétention. L'homme, en se comparant aux autres êtres terrestres, s'est trouvé le premier : dès-lors il a cru que tous étoient faits pour lui; que la terre même n'avoit été créée que pour lui servir de domicile, et le ciel de spectacle; qu'enfin l'univers entier devoit se rapporter à ses besoins, et même à ses plaisirs. Mais, à mesure qu'il a fait usage de cette lumière divine qui seule ennoblit son être, à mesure que l'homme s'est instruit, il a été forcé de rabattre de plus en plus de ses prétentions; il s'est vu rapetisser en même raison que l'univers s'agrandissoit, et il lui est aujourd'hui bien évidemment démontré que cette terre qui fait tout son domaine, et sur laquelle il ne peut malheureusement subsister sans querelle et sans trouble, est à proportion tout aussi petite pour l'univers que lui-même l'est pour le Créateur. En effet il n'est pas possible de douter que cette même terre, si grande et si vaste pour nous, ne soit une assez médiocre pla-

nète, une petite masse de matière qui circule avec les autres autour du soleil; que cet astre de lumière et de feu ne soit plus de douze cent mille fois plus gros que le globe de la terre, et que sa puissance ne s'étende à tous les corps qu'il fléchit autour de lui; en sorte que notre globe en étant éloigné de trente-trois millions de lieues au moins, la planète de Saturne se trouve à plus de trois cent treize millions des mêmes lieues : d'où l'on ne peut s'empêcher de conclure que l'étendue de l'empire du soleil, ce roi de la nature, ne soit une sphère dont le diamètre est de six cent vingt-sept millions de lieues. tandis que celui de la terre n'est que de deux mille huit cent soixante-cinq; et si l'on prend le cube de ces deux nombres, on se démontrera que la terre est plus petite, relativement à cet espace, qu'un grain de sable ne l'est relativement au volume entier du globe.

Néanmoins la planète de Saturne, quoique la plus éloignée du soleil, n'est pas encore à beaucoup près sur les confins de son empire. Les limites en sont beaucoup plus reculées, puisque les comètes parcourent, au-delà de cette distance, des espaces encore plus grands, que l'on peut estimer par la période du temps de leurs révolutions. Une comète qui, comme celle de l'année 1680, circule autour du soleil en 575 ans, s'éloigne de cet astre 15 fois plus que Saturne n'en est distant; car le grand axe de son orbite est 138 fois plus grand que la distance de la terre au soleil. Dès-lors on doit augmenter encore l'étendue de la puissance solaire de 15 fois la distance du soleil à Saturne, en sorte que tout l'espace dans lequel sont comprises les planètes n'est qu'une petite province du domaine de cet astre, dont les bornes doivent être posées au moins à 138 fois la distance du soleil à la terre, c'est-à-dire à 138 fois 33 ou 34 millions de lieues.

Quelle immensité d'espace, et quelle quantité de matière! Car, indépendamment des planètes, il existe probablement quatre ou cinq cents comètes, peut-être plus grosses que la terre, qui parcourent en tous sens les différentes régions de cette vaste sphère, dont le globe terrestre ne fait qu'un point,

une unité sur 191,201,612,985,514,272,000, quantité que ces nombres représentent, mais que l'imagination ne peut atteindre ni saisir. N'en voilà-t-il pas assez pour nous rendre, nous, les nôtres et notre grand domicile, plus petits que des atomes?

Cependant cette énorme étendue, cette sphère si vaste, n'est encore qu'un très petit espace dans l'immensité des cieux; chaque étoile fixe est un soleil, au centre d'une sphère tout aussi vaste; et comme on en compte plus de deux mille qu'on aperçoit à la vue simple, et qu'avec les lunettes on en découvre un nombre d'autant plus grand, que ces instruments sont plus puissants, l'étendue de l'univers entier paroît être sans bornes, et le système solaire ne fait plus qu'une province de l'empire universel du Créateur, empire infini comme lui.

Sirius, étoile fixe la plus brillante, et que par cette raison nous pouvons regarder comme le soleil le plus voisin du nôtre, ne donnant à nos yeux qu'une seconde de parallaxe annuelle sur le diamètre entier de l'orbe de la terre, est à 677170 millions de lieues de distance de nous, c'est-à-dire à 6767216 millions des limites du système solaire, telles que nous les avons assignées d'après la profondeur à laquelle s'enfoncent les comètes dont la période est la plus longue. Supposant donc qu'il ait été départi à Sirius un espace égal à celui qui appartient à notre soleil, on voit qu'il faut encore reculer les limites de notre système solaire de 742 fois plus qu'il ne l'est déjà jusqu'a l'aphélie de la comète, dont l'énorme distance au soleil n'est néanmoins qu'une unité sur 742 du demi-diamètre total de la sphère entière du système solaire[1].

[1] Distance de la terre au soleil.	33 millions de lieues.
Distance de Saturne au soleil.	313 millions.
Distance de l'aphélie de la comète au soleil. . .	4554 millions.
Distance de Sirius au soleil.	6771770 millions.
Distance de Sirius au point de l'aphélie de la comète, en supposant qu'en remontant du soleil la comète ait pointé directement vers Sirius (supposition qui diminue la distance autant qu'il est possible).	6767216 millions.
Moitié de la distance de Sirius au soleil, ou pro-	

Ainsi, quand même il existeroit des comètes dont la période de révolution seroit double, triple, et même décuple de la période de 575 ans, la plus longue qui nous soit connue; quand les comètes en conséquence pourroient s'enfoncer à une profondeur dix fois plus grande, il y auroit encore un espace 74 ou 75 fois plus profond pour arriver aux derniers confins tant du système solaire que du système sirien; en sorte qu'en donnant à Sirius autant de grandeur et de puissance qu'en a notre soleil, et supposant dans son système autant ou plus de corps

fondeur du système solaire et du système sirien. . . . . 3385886 millions de lieues.
Étendue au-delà des limites de l'aphélie des comètes. . . . . 3381331 millions.
Ce qui étant divisé par la distance de l'aphélie de la comète donne. . . . . 742 1/2 environ.

On peut encore d'une autre manière se former une idée de cette distance immense de Sirius à nous, en se rappelant que le disque du soleil forme à nos yeux un angle de 32 minutes, tandis que celui de Sirius n'en fait pas un d'une seconde; et Sirius étant un soleil comme le nôtre, que nous supposerons d'une égale grandeur, puisqu'il n'y a pas plus de raison de le supposer plus grand que plus petit, il nous paroîtroit aussi grand que le soleil s'il n'étoit qu'à la même distance. Prenant donc deux nombres proportionnels au carré de 22 minutes et au carré d'une seconde, on aura 3686400 pour la distance de la terre à Sirius, et 1 pour sa distance au soleil, et comme cette unité vaut 33 millions de lieues, on voit à combien de milliards de lieues Sirius est loin de nous, puisqu'il faut multiplier ces 33 millions par 3686400; et si nous divisons l'espace entre ces deux soleils voisins, quoique si fort éloignés, nous verrons que les comètes pourroient s'éloigner à une distance dix-huit cent mille fois plus grande que celle de la terre au soleil, sans sortir des limites de l'univers solaire, et sans subir par conséquent d'autres lois que celle de notre soleil; et de là on peut conclure que le système solaire a pour diamètre une étendue qui, quoique prodigieuse, ne fait néanmoins qu'une très petite portion des cieux; et l'on en doit inférer une vérité peu connue, c'est que de tous les points de l'univers planétaire, c'est-à-dire que du soleil, de la terre, et de toutes les autres planètes, le ciel doit paroître le même.

Lorsque dans une belle nuit l'on considère tous ces feux dont brille la voûte céleste, on imagineroit qu'en se transportant dans une autre planète plus éloignée du soleil que ne l'est la terre on verroit ces astres étincelants grandir et répandre une lumière plus vive, puisqu'on les verroit de plus près. Néanmoins l'espèce de calcul que nous venons de faire démontre que quand nous serions placés dans Saturne, c'est-à-dire neuf ou dix fois plus loin de notre soleil, et 300 millions de lieues plus près de Sirius, il ne nous paroîtroit plus gros que d'une 194021e partie, augmentation qui seroit absolument insensible: d'où l'on doit conclure que le ciel a, pour toutes les planètes, le même aspect que pour la terre.

cométaires qu'il n'existe de comètes dans le système solaire, Sirius les régira comme le soleil régit les siens, et il restera de même un intervalle immense entre les confins des deux empires, intervalle qui ne paroît être qu'un désert dans l'espace, et qui doit faire soupçonner qu'il existe des corps cométaires dont les périodes sont plus longues et qui parviennent à une beaucoup plus grande distance que nous ne pouvons le déterminer par nos connoissances actuelles. Il se pourroit aussi que Sirius fût un soleil beaucoup plus grand et plus puissant que le nôtre; et si cela étoit, il faudroit reculer d'autant les bornes de son domaine en les rapprochant de nous, et rétrécir en même raison la circonférence de celui du soleil.

On ne peut s'empêcher de présumer en effet que dans ce très grand nombre d'étoiles fixes, qui toutes sont autant de soleils, il n'y en ait de plus grands et de plus petits que le nôtre, d'autres plus ou moins lumineux, quelques-uns plus voisins, qui nous sont représentés par ces astres que les astronomes appellent *étoiles de la première grandeur*, et beaucoup d'autres plus éloignés qui, par cette raison, nous paroissent plus petits : les étoiles qu'ils appellent *nébuleuses* semblent manquer de lumière et de feu, et n'être, pour ainsi dire, allumées qu'à demi; celles qui paroissent et disparoissent alternativement sont peut-être d'une forme aplatie par la violence de la force centrifuge dans leur mouvement de rotation : on voit ces soleils lorsqu'ils montrent leur grande face, et ils disparoissent toutes les fois qu'ils se présentent de côté. Il y a dans ce grand ordre de choses, et dans la nature des astres, les mêmes variétés, les mêmes différences en nombre, grandeur, espace, mouvement, forme et durée, les mêmes rapports, les mêmes degrés, les mêmes nuances qui se trouvent dans tous les autres actes de la création.

Chacun de ces soleils étant doué comme le nôtre, et comme toute matière l'est, d'une puissance attractive qui s'étend à une distance indéfinie, et décroît comme l'espace augmente, l'analogie nous conduit à croire qu'il existe dans la sphère de chacun de ces astres lumineux un grand nombre de corps

opaques, planètes ou comètes, qui circulent autour d'eux, mais que nous n'apercevons jamais que par l'œil de l'esprit, puisqu'étant obscurs et beaucoup plus petits que les soleils qui leur servent de foyer, ils sont hors de la portée de notre vue, et même de tous les arts qui peuvent l'étendre ou la perfectionnner.

On pourroit donc imaginer qu'il passe quelquefois des comètes d'un système dans l'autre, et que s'il s'en trouve sur les confins des deux empires, elles seront saisies par la puissance prépondérante, et forcées d'obéir aux lois d'un nouveau maître. Mais, par l'immensité de l'espace qui se trouve au-delà de l'aphélie de nos comètes, il paroît que le souverain ordonnateur a séparé chaque système par des déserts mille et mille fois plus vastes que toute l'étendue des espaces fréquentés. Ces déserts, dont les nombres peuvent à peine sonder la profondeur, sont les barrières éternelles, invincibles, que toutes les forces de la nature créée ne peuvent franchir ni surmonter. Il faudroit, pour qu'il y eût communication d'un système à l'autre, et pour que les sujets d'un empire pussent passer dans un autre, que le siége du trône ne fût pas immobile; car l'étoile fixe, ou plutôt le soleil, le roi de ce système, changeant de lieu, entraîneroit à sa suite tous les corps qui dépendent de lui, et pourroit dès-lors s'approcher et même s'emparer du domaine d'un autre. Si sa marche se trouvoit dirigée vers un astre plus foible, il commenceroit par lui enlever les sujets de ses provinces les plus éloignées, ensuite ceux des provinces intérieures; il les forceroit tous à augmenter son cortége en circulant autour de lui; et son voisin, dès-lors dénué de ses sujets, n'ayant plus ni planètes ni comètes, perdroit en même temps sa lumière et son feu, que leur mouvement seul peut exciter et entretenir : dès-lors cet astre isolé, n'étant plus maintenu dans sa place par l'équilibre des forces, seroit contraint de changer de lieu en changeant de nature, et, devenu corps obscur, obéiroit comme les autres à la puissance du conquérant, dont le feu augmenteroit à proportion du nombre de ses conquêtes.

Car que peut-on dire sur la nature du soleil, sinon que c'est un corps d'un prodigieux volume, une masse énorme de matière pénétrée de feu, qui paroît subsister sans aliment comme dans un métal fondu, ou dans un corps solide en incandescence? et d'où peut venir cet état constant d'incandescence, cette production toujours renouvelée d'un feu dont la consommation ne paroît entretenue par aucun aliment, et dont la déperdition est nulle ou du moins insensible, quoique constante depuis un si grand nombre de siècles? Y a-t-il, peut-il même y avoir une autre cause de la production et du maintien de ce feu permanent, sinon le mouvement rapide de la forte pression de tous les corps qui circulent autour de ce foyer commun, qui l'échauffent et l'embrasent, comme une roue rapidement tournée embrase son essieu? La pression qu'ils exercent en vertu de leur pesanteur équivaut au frottement, et même est plus puissante, parce que cette pression est une force pénétrante qui frotte non-seulement la surface extérieure, mais toutes les parties intérieures de la masse; la rapidité de leur mouvement est si grande, que le frottement acquiert une force presque infinie, et met nécessairement toute la masse de l'essieu dans un état d'incandescence, de lumière, de chaleur et de feu, qui dès-lors n'a pas besoin d'aliment pour être entretenu, et qui, malgré la déperdition qui s'en fait chaque jour par l'émission de la lumière, peut durer des siècles de siècles sans atténuation sensible, les autres soleils rendant au nôtre autant de lumière qu'il leur en envoie, et le plus petit atome de feu ou d'une matière quelconque ne pouvant se perdre nulle part dans un système où tout s'attire.

Si cette esquisse du grand tableau des cieux, que je n'ai tâché de tracer que pour me représenter la proportion des espaces et celle du mouvement des corps qui les parcourent; si de ce point de vue auquel je ne me suis élevé que pour voir plus clairement combien la nature doit être multipliée dans les différentes régions de l'univers, nous descendons à cette portion de l'espace qui nous est mieux connue, et dans laquelle le soleil exerce sa puissance, nous reconnoîtrons que, quoi-

qu'il régisse par sa force tous les corps qui s'y trouvent, il n'a pas néanmoins la puissance de les vivifier, ni même celle d'y entretenir la végétation et la vie.

Mercure, qui de tous les corps circulant autour du soleil en est le plus voisin, n'en reçoit néanmoins qu'une chaleur $\frac{50}{8}$ fois plus grande que celle que la terre en reçoit, et cette chaleur $\frac{50}{8}$ de fois plus grande que la chaleur envoyée du soleil à la terre, bien loin d'être brûlante comme on l'a toujours cru, ne seroit pas assez grande pour maintenir la pleine vigueur de la nature vivante; car la chaleur actuelle du soleil sur la terre n'étant que $\frac{1}{50}$ de celle de la chaleur propre du globe terrestre, celle du soleil sur Mercure est par conséquent $\frac{50}{400}$ ou $\frac{1}{8}$ de la chaleur actuelle de la terre. Or si l'on diminuoit des trois quarts et demi la chaleur qui fait aujourd'hui la température de la terre, il est sûr que la nature vivante seroit au moins bien engourdie, supposé qu'elle ne fût pas éteinte. Et puisque le feu du soleil ne peut pas seul maintenir la nature organisée dans la planète la plus voisine, combien, à plus forte raison, ne s'en faut-il pas qu'il puisse vivifier celles qui en sont plus éloignées! Il n'envoie à Vénus qu'une chaleur $\frac{50}{2\frac{1}{50}}$ fois plus grande que celle qu'il envoie à la terre; et cette chaleur $\frac{50}{2\frac{1}{50}}$ fois plus grande que celle du soleil sur la terre, bien loin d'être assez forte pour maintenir la nature vivante, ne suffiroit certainement pas pour entretenir la liquidité des eaux, ni peut-être même la fluidité de l'air, puisque notre température actuelle se trouveroit refroidie à $\frac{2}{49}$ ou à $\frac{1}{24\frac{1}{2}}$, ce qui est tout près du terme $\frac{1}{25}$, que nous avons donné comme la limite extrême de la plus petite chaleur, relativement à la nature vivante. Et à l'égard de Mars, de Jupiter, de Saturne et de tous leurs satellites, la quantité de chaleur que le soleil leur envoie est si petite en comparaison de celle qui est nécessaire au maintien de la nature, qu'on pourroit la regarder comme de nul effet, surtout dans les deux plus grosses planètes, qui néanmoins paroissent être les objets essentiels du système solaire.

Toutes les planètes, sans même en excepter Mercure,

seroient donc et auroient toujours été des volumes aussi grands qu'inutiles d'une matière plus que brute, profondément gelée, et par conséquent des lieux inhabités de tous les temps, inhabitables à jamais si elles ne renfermoient pas au dedans d'elles-mêmes des trésors d'un feu bien supérieur à celui qu'elles reçoivent du soleil. Cette quantité de chaleur que notre globe possède en propre, et qui est 50 fois plus grande que la chaleur qui lui vient du soleil, est en effet le trésor de la nature, le vrai fonds du feu qui nous anime, ainsi que tous les êtres : c'est cette chaleur intérieure de la terre qui fait tout germer, tout éclore; c'est elle qui constitue l'élément du feu proprement dit, élément qui seul donne le mouvement aux autres éléments, et qui, s'il étoit réduit à $\frac{1}{50}$, ne pourroit vaincre leur résistance, et tomberoit lui-même dans l'inertie. Or cet élément, le seul actif, le seul qui puisse rendre l'air fluide, l'eau liquide et la terre pénétrable, n'auroit-il été donné qu'au seul globe terrestre? L'analogie nous permet-elle de douter que les autres planètes ne contiennent de même une quantité de chaleur qui leur appartient en propre, et qui doit les rendre capables de recevoir et de maintenir la nature vivante? N'est-il pas plus grand, plus digne de l'idée que nous devons avoir du Créateur, de penser que partout il existe des êtres qui peuvent le connoître et célébrer sa gloire, que de dépeupler l'univers, à l'exception de la terre, et de le dépouiller de tous êtres sensibles, en le réduisant à une profonde solitude, où l'on ne trouveroit que le désert de l'espace, et les épouvantables masses d'une matière entièrement inanimée?

Il est donc nécessaire, puisque la chaleur du soleil est si petite sur la terre et sur les autres planètes, que toutes possèdent une chaleur qui leur appartienne en propre; et nous devons rechercher d'où provient cette chaleur qui seule peut constituer l'élément du feu dans chacune des planètes. Or où pourrons-nous puiser cette grande quantité de chaleur, si ce n'est dans la source même de toute chaleur, dans le soleil seul, de la matière duquel les planètes ayant été formées, et projetées

par une seule et même impulsion, auront toutes conservé leur mouvement dans le même sens, et leur chaleur à proportion de leur grosseur et de leur densité? Quiconque pèsera la valeur de ces analogies et sentira la force de leurs rapports, ne pourra guère douter que les planètes ne soient issues et sorties du soleil par le choc d'une comète, parce qu'il n'y a dans le système solaire que les comètes qui soient des corps assez puissants et en assez grand mouvement pour pouvoir communiquer une pareille impulsion aux masses de matière qui composent les planètes. Si l'on réunit à tous les faits sur lesquels j'ai fondé cette hypothèse[1] le nouveau fait de la chaleur propre de la terre et de l'insuffisance de celle du soleil pour maintenir la nature, on demeurera persuadé, comme je le suis, que, dans le temps de leur formation, les planètes et la terre étoient dans un état de liquéfaction, ensuite dans un état d'incandescence, et enfin dans un état successif de chaleur toujours décroissante depuis l'incandescence jusqu'à la température actuelle.

Car y a-t-il moyen de concevoir autrement l'origine et la durée de cette chaleur propre de la terre? Comment imaginer que le feu qu'on appelle *central* pût subsister *en effet*, au fond du globe, sans air, c'est-à-dire sans son premier aliment? et d'où viendroit ce feu qu'on suppose renfermé dans le centre du globe? Quelle source, quelle origine pourroit-on lui trouver? Descartes avoit déjà pensé que la terre et les planètes n'étoient que de petits soleils *encroûtés*, c'est-à-dire éteints; Leibnitz n'a pas hésité à prononcer que le globe terrestre devoit sa forme et la consistance de ses matières à l'élément du feu; et néanmoins ces deux grands philosophes n'avoient pas, à beaucoup près, autant de faits, autant d'observations qu'on en a rassemblé et acquis de nos jours: ces faits sont actuellement en si grand nombre et si bien constatés, qu'il me paroît plus que probable que la terre, ainsi que les planètes, ont été projetées hors du soleil, et par conséquent

[1] Voyez, dans le premier volume de cet ouvrage, l'article qui a pour titre: *De la formation des planètes.*

composées de la même matière, qui d'abord étant en liquéfaction a obéi à la force centrifuge, en même temps qu'elle se rassembloit par celle de l'attraction; ce qui a donné à toutes les planètes la forme renflée sous l'équateur, et aplatie sous les pôles, en raison de la vitesse de leur rotation; qu'ensuite ce grand feu s'étant peu à peu dissipé, l'état d'une température bénigne et convenable à la nature organisée a succédé ou plus tôt ou plus tard dans les différentes planètes, suivant la différence de leur épaisseur et de leur densité. Et quand même il y auroit, pour la terre et pour les planètes, d'autres causes particulières de chaleur qui se combineroient avec celles dont nous avons calculé les effets, nos résultats n'en sont pas moins curieux, et n'en seront que plus utiles à l'avancement des sciences. Nous parlerons ailleurs de ces causes particulières de chaleur; tout ce que nous en pouvons dire ici, pour ne pas compliquer les objets, c'est que ces causes particulières pourront prolonger encore le temps du refroidissement du globe et la durée de la nature vivante au-delà des termes que nous avons indiqués.

Mais, me dira-t-on, votre théorie est-elle également bien fondée dans tous les points qui lui servent de base? Il est vrai, d'après vos expériences, qu'un globe gros comme la terre et composé des mêmes matières ne pourroit se refroidir, depuis l'incandescence à la température actuelle, qu'en 74 mille ans, et que pour l'échauffer jusqu'à l'incandescence il faudroit la quinzième partie de ce temps, c'est-à-dire environ cinq mille ans; et encore faudroit-il que ce globe fût environné pendant tout ce temps du feu le plus violent : dès-lors il y a, comme vous le dites, de fortes présomptions que cette grande chaleur de la terre n'a pu lui être communiquée de loin, et que par conséquent la matière terrestre a fait autrefois partie de la masse du soleil; mais il ne paroît pas également prouvé que la chaleur de cet astre sur la terre ne soit aujourd'hui que $\frac{1}{50}$ de la chaleur propre du globe. Le témoignage de nos sens semble se refuser à cette opinion que vous donnez comme une vérité constante; et quoiqu'on ne puisse pas douter que la

terre n'ait une chaleur propre qui nous est démontrée par sa température toujours égale dans tous les lieux profonds où le froid de l'air ne peut communiquer, en résulte-t-il que cette chaleur, qui ne nous paroît être qu'une température médiocre, soit néanmoins cinquante fois plus grande que la chaleur du soleil, qui semble nous brûler?

Je puis satisfaire pleinement à ces objections; mais il faut auparavant réfléchir avec moi sur la nature de nos sensations. Une différence très légère et souvent imperceptible, dans la réalité ou dans la mesure des causes qui nous affectent, en produit une prodigieuse dans leurs effets. Y a-t-il rien de plus voisin du très grand plaisir que la douleur? et qui peut assigner la distance entre le chatouillement vif qui nous remue délicieusement et le frottement qui nous blesse, entre le feu qui nous réchauffe et celui qui nous brûle, entre la lumière qui réjouit nos yeux et celle qui les offusque, entre la saveur qui flatte notre goût et celle qui nous déplaît, entre l'odeur dont une petite dose nous affecte agréablement d'abord, et bientôt nous donne des nausées? On doit donc cesser d'être étonné qu'une petite augmentation de chaleur telle que $\frac{1}{50}$ puisse nous paroître si sensible, et que les limites du plus grand chaud de l'été au plus grand froid de l'hiver soient entre 7 et 8, comme l'a dit M. Amontons, ou même entre 31 et 32, comme M. de Mairan l'a trouvé en prenant tous les résultats des observations faites sur cela pendant cinquante-six années consécutives.

Mais il faut avouer que si l'on vouloit juger de la chaleur réelle du globe d'après les rapports que ce dernier auteur nous a donnés des émanations de la chaleur terrestre aux accessions de la chaleur solaire dans ce climat, il se trouveroit que leurs rapports étant à peu près :: 29 : 1 en été, et :: 471 ou même :: 491 en hiver : 1; il se trouveroit, dis-je, en joignant ces deux rapports, que la chaleur solaire ne seroit à la chaleur terrestre que :: $\frac{1}{500}$: 2, ou :: $\frac{1}{250}$: 1. Mais cette estimation seroit fautive, et l'erreur deviendroit d'autant plus grande que les climats seroient plus froids. Il n'y a donc que celui de

l'équateur jusqu'aux tropiques où, la chaleur étant en toutes saisons presque égale, on puisse établir avec fondement la proportion entre la chaleur des émanations de la terre et des accessions de la chaleur solaire. Or ce rapport, dans tout ce vaste climat, où les étés et les hivers sont presque égaux, est à très peu près : : 50 : 1. C'est par cette raison que j'ai adopté cette proportion, et que j'en ai fait la base du calcul de mes recherches.

Néanmoins je ne prétends pas assurer affirmativement que la chaleur propre de la terre soit réellement cinquante fois plus grande que celle qui lui vient du soleil; comme cette chaleur du globe appartient à toute la matière terrestre, dont nous faisons partie, nous n'avons point de mesure que nous puissions en séparer, ni par conséquent d'unité sensible et réelle à laquelle nous puissions la rapporter. Mais, quand même on voudroit que la chaleur solaire fût plus grande ou plus petite que nous ne l'avons supposée relativement à la chaleur terrestre, notre théorie ne changeroit que par la proportion des résultats.

Par exemple, si nous renfermons toute l'étendue de nos sensations du plus grand chaud au plus grand froid dans les limites données par les observations de M. Amontons, c'est-à-dire entre 7 et 8 ou dans $\frac{1}{8}$, et qu'en même temps nous supposions que la chaleur du soleil peut produire seule cette différence de nos sensations, on aura dès-lors la proportion de 8 à 1 de la chaleur propre du globe terrestre à celle qui lui vient du soleil, et par conséquent la compensation que fait actuellement sur la terre cette chaleur du soleil seroit de $\frac{1}{8}$, et la compensation qu'elle a faite dans le temps de l'incandescence aura été $\frac{1}{200}$. Ajoutant ces deux termes, on a $\frac{26}{200}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{325}{200}$ ou $1\frac{5}{8}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant la période de 74047 ans du refroidissement de la terre à la température actuelle; et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le temps de la pé-

riode est à celui du refroidissement, on aura 25 : 1 $\frac{5}{8}$ :: 74047 : 4813 $\frac{1}{25}$; en sorte que le refroidissement du globe de la terre, au lieu de n'avoir été prolongé que de 770 ans, l'auroit été de 4813 $\frac{1}{25}$ ans : ce qui, joint au prolongement plus long que produiroit aussi la chaleur de la lune dans cette supposition, donneroit plus de 5000 ans, dont il faudroit encore reculer la date de la formation des planètes.

Si l'on adopte les limites données par M. de Mairan, qui sont de 31 à 32, et qu'on suppose que la chaleur solaire n'est que $\frac{1}{32}$ de celle de la terre, on n'aura que le quart de ce prolongement, c'est-à-dire environ 1250 ans, au lieu de 770 que donne la supposition de $\frac{1}{50}$ que nous avons adoptée.

Mais au contraire, si l'on supposoit que la chaleur du soleil n'est que $\frac{1}{250}$ de celle de la terre, comme cela paroît résulter des observations faites au climat de Paris, on auroit pour la compensation dans le temps de l'incandescence $\frac{1}{6250}$ et $\frac{1}{250}$ pour la compensation à la fin de la période de 74047 ans du refroidissement du globe terrestre à la température actuelle, et l'on trouveroit $\frac{13}{250}$ pour la compensation totale faite par la chaleur du soleil pendant cette période : ce qui ne donneroit que 154 ans, c'est-à-dire le cinquième de 770 ans pour le temps du prolongement du refroidissement. Et de même, si, au lieu de $\frac{1}{50}$, nous supposions que la chaleur solaire fût $\frac{1}{10}$ de la chaleur terrestre, nous trouverions que le temps du prolongement seroit cinq fois plus long, c'est-à-dire de 3850 ans; en sorte que plus on voudra augmenter la chaleur qui nous vient du soleil, relativement à celle qui émane de la terre, et plus on étendra la durée de la nature, et l'on reculera le terme de l'antiquité du monde : car, en supposant que cette chaleur du soleil sur la terre fût égale à la chaleur propre du globe, on trouveroit que le temps du prolongement seroit de 38504 ans; ce qui par conséquent donneroit à la terre 38 ou 39 mille ans d'ancienneté de plus.

Si l'on jette les yeux sur la table que M. de Mairan a dressée avec grande exactitude, et dans laquelle il donne la proportion de la chaleur qui nous vient du soleil à celle qui émane

de la terre dans tous les climats, on y reconnoîtra d'abord un fait bien avéré, c'est que dans tous les climats où l'on a fait des observations les étés sont égaux, tandis que les hivers sont prodigieusement inégaux. Ce savant physicien attribue cette égalité constante de l'intensité de la chaleur pendant l'été, dans tous les climats, à la compensation réciproque de la chaleur solaire, et de la chaleur des émanations du feu central : « Ce n'est donc pas ici (dit-il, page 253) une affaire de choix, de système ou de convenance, que cette marche alternativement décroissante et croissante des émanations centrales en inverse des étés solaires ; c'est le fait même, etc. » En sorte que, selon lui, les émanations de la chaleur de la terre croissent ou décroissent précisément dans la même raison que l'action de la chaleur du soleil décroît et croît dans les différents climats ; et comme cette proportion d'accroissement et de décroissement entre la chaleur terrestre et la chaleur solaire lui paroît, avec raison, très étonnante suivant sa théorie, et qu'en même temps il ne peut pas douter du fait, il tâche de l'expliquer en disant que « le globe terrestre étant d'abord une pâte molle de terre et d'eau, venant à tourner sur son axe, et continuellement exposé aux rayons du soleil, selon tous les aspects annuels des climats, s'y sera durci vers la surface, et d'autant plus profondément que ses parties y seront plus exactement exposées. Et si un terrain plus dur, plus compacte, plus épais, et en général plus difficile à pénétrer, devient dans ces mêmes rapports un obstacle d'autant plus grand aux émanations du feu intérieur de la terre, *comme il est évident que cela doit arriver*, ne voilà-t-il pas dès lors ces obstacles en raison directe des différentes chaleurs de l'été solaire, et les émanations centrales en inverse de ces mêmes chaleurs ? Et qu'est-ce alors autre chose que l'égalité universelle des étés ? car supposant ces obstacles ou ces retranchements de chaleur faits à l'émanation constante et primitive, exprimés par les valeurs mêmes des étés solaires, c'est-à-dire dans la plus parfaite et la plus visible de toutes les proportionnalités, l'égalité, il est clair qu'on ne retranche d'un côté la même grandeur que ce

qu'on y ajoute de l'autre, et que par conséquent les sommes ou les étés en seront toujours et partout les mêmes. Voilà donc, ajoute-t-il, cette égalité surprenante des étés, dans tous les climats de la terre, ramenée à un principe intelligible; soit que la terre, d'abord fluide, ait été durcie ensuite par l'action du soleil, du moins vers les dernières couches qui la composent; soit que Dieu l'ait créée tout d'un coup dans l'état où les causes physiques et les lois du mouvement l'auroient amenée. » Il me semble que l'auteur auroit mieux fait de s'en tenir bonnement à cette dernière cause, qui dispense de toutes recherches et de toutes spéculations, que de donner une explication qui pèche non-seulement dans le principe, mais dans presque tous les points des conséquences qu'on ne peut tirer.

Car y a-t-il rien de plus indépendant l'un de l'autre que la chaleur qui appartient en propre à la terre, et celle qui lui vient du dehors? Est-il naturel, est-il même raisonnable d'imaginer qu'il existe réellement dans la nature une loi de calcul par laquelle les émanations de cette chaleur intérieure du globe suivroient exactement l'inverse des accessions de la chaleur du soleil sur la terre, et cela dans une proportion si précise, que l'augmentation des unes compenseroit exactement la diminution des autres? Il ne faut qu'un peu de réflexion pour se convaincre que ce rapport purement idéal n'est nullement fondé, et que par conséquent le fait très réel de l'égalité des étés, ou de l'égale intensité de chaleur en été, dans tous les climats, ne dérive pas de cette combinaison précaire dont ce physicien fait un principe, mais d'une cause toute différente que nous allons exposer.

Pourquoi dans tous les climats de la terre où l'on a fait des observations suivies avec des thermomètres comparables, se trouve-t-il que les étés (c'est-à-dire l'intensité de la chaleur en été) sont égaux, tandis que les hivers (c'est-à-dire l'intensité de la chaleur en hiver) sont prodigieusement différents et d'autant plus inégaux qu'on s'avance plus vers les zones froides? Voilà la question. Le fait est vrai : mais l'explication

qu'en donne l'habile physicien que je viens de citer me paroît plus que gratuite ; elle nous renvoie directement aux causes finales qu'il croyoit éviter : car n'est-ce pas nous dire, pour toute explication, que le soleil et la terre ont d'abord été dans un état tel, que la chaleur de l'un pouvoit cuire les couches extérieures de l'autre, et les durcir précisément à un tel degré, que les émanations de la chaleur terrestre trouveroient toujours des obstacles à leur sortie, qui seroient exactement en proportion des facilités avec lesquelles la chaleur du soleil arrive à chaque climat ; et que de cette admirable contexture des couches de la terre, qui permettent plus ou moins l'issue des émanations du feu central, il résulte sur la surface de la terre une compensation exacte de la chaleur solaire et de la chaleur terrestre, ce qui néanmoins rendoit les hivers égaux partout aussi bien que les étés ; mais que dans la réalité, comme il n'y a que les étés d'égaux dans tous les climats, et que les hivers y sont, au contraire, prodigieusement inégaux, il faut bien que ces obstacles mis à la liberté des émanations centrales soient encore plus grands qu'on ne vient de les supposer, et qu'ils soient en effet et très réellement dans la proportion qu'exige l'inégalité des hivers des différents climats ? Or qui ne voit que ces petites combinaisons ne sont point entrées dans le plan du souverain Être, mais seulement dans la tête du physicien, qui, ne pouvant expliquer cette égalité des étés et cette inégalité des hivers, a eu recours à deux suppositions qui n'ont aucun fondement, et à des combinaisons qui n'ont pu même, à ses yeux, avoir d'autre mérite que celui de s'accommoder à sa théorie, et de ramener, comme il le dit, cette égalité *surprenante* des étés à un *principe intelligible* ? Mais ce principe une fois entendu n'est qu'une combinaison de deux suppositions qui toutes deux sont de l'ordre de celles qui rendroient possible l'impossible, et dès-lors présenteroient en effet l'absurde comme intelligible.

Tous les physiciens qui se sont occupés de cet objet conviennent avec moi que le globe terrestre possède en propre une chaleur indépendante de celle qui lui vient du soleil : dès-lors

n'est-il pas évident que cette chaleur propre seroit égale sous tous les points de la surface du globe, abstraction faite de celle du soleil, et qu'il n'y auroit d'autre différence à cet égard que celle qui doit résulter du renflement de la terre à l'équateur, et de son aplatissement sous les pôles? différence qui étant en même raison à peu près que les deux diamètres n'excède pas $\frac{1}{230}$; en sorte que la chaleur propre du sphéroïde terrestre doit être de $\frac{1}{230}$ plus grande sous l'équateur que sous les pôles. La déperdition qui s'en est faite et le temps du refroidissement doit donc avoir été plus prompt dans les climats septentrionaux, où l'épaisseur du globe est moins grande que dans les climats du midi; mais cette différence de $\frac{1}{230}$ ne peut pas produire celle de l'inégalité des émanations centrales, dont le rapport à la chaleur du soleil en hiver, étant :: 50 : 1 dans les climats voisins de l'équateur, se trouve déja double au 27[e] degré, triple au 35[e], quadruple au 40[e], décuple au 49[e], et 55 fois plus grand au 60[e] degré de latitude. Cette cause, qui se présente la première, contribue au froid des climats septentrionaux; mais elle est insuffisante pour l'effet de l'inégalité des hivers, puisque cet effet seroit 35 fois plus grand que sa cause au 60[e] degré, plus grand encore et même excessif dans les climats plus voisins du pôle, et qu'en même temps il ne seroit nulle part proportionnel à cette même cause.

D'autre côté, ce seroit sans aucun fondement qu'on voudroit soutenir que, dans un globe qui a reçu ou qui possède un certain degré de chaleur, il pourroit y avoir des parties beaucoup moins chaudes les unes que les autres. Nous connoissons assez le progrès de la chaleur et les phénomènes de sa communication pour être assurés qu'elle se distribue toujours également, puisqu'en appliquant un corps, même froid, sur un corps chaud, celui-ci communiquera nécessairement à l'autre assez de chaleur pour que tous deux soient bientôt au même degré de température. L'on ne doit donc pas supposer qu'il y ait, vers le climat des pôles, des couches de matières moins chaudes, moins perméables à la chaleur, que dans les autres climats; car, de quelque nature qu'on l'ait voulu supposer, l'expérience

nous démontre qu'en un très petit temps elles seroient devenues aussi chaudes que les autres.

Les grands froids du nord ne viennent donc pas de ces prétendus obstacles qui s'opposeroient à la sortie de la chaleur, ni de la petite différence que doit produire celle des diamètres du sphéroïde terrestre, et il m'a paru, après y avoir réfléchi, qu'on devoit attribuer l'égalité des étés et la grande inégalité des hivers à une cause bien plus simple, et qui néanmoins a échappé à tous les physiciens.

Il est certain que, comme la chaleur propre de la terre est beaucoup plus grande que celle qui lui vient du soleil, les étés doivent paroître à très peu près égaux partout, parce que cette même chaleur du soleil ne fait qu'une petite augmentation au fonds réel de la chaleur propre, et que par conséquent, si cette chaleur envoyée du soleil n'est que $\frac{1}{50}$ de la chaleur propre du globe, le plus ou moins de séjour de cet astre sur l'horizon, sa plus grande ou sa moindre obliquité sur le climat, et même son absence totale ne produiroit que $\frac{1}{50}$ de différence sur la température du climat, et que dès-lors les étés doivent paroître et sont en effet à très peu près égaux dans tous les climats de la terre. Mais ce qui fait que les hivers sont si fort inégaux, c'est que les émations de cette chaleur intérieure du globe se trouvent en très grande partie supprimées dès que le froid et la gelée resserrent et consolident la surface de la terre et des eaux. Comme cette chaleur qui sort du globe décroît dans les airs à mesure et en même raison que l'espace augmente, elle a déja beaucoup perdu à une demilieue ou une lieue de hauteur, la seule condensation de l'air par cette cause suffit pour produire des vents froids qui, se rabattant sur la surface de la terre, la resserrent et la gèlent [1]. Tant que dure ce resserrement de la couche extérieure de la terre, les émanations de la chaleur intérieure sont retenues,

[1] On s'aperçoit de ces vents rabattus toutes les fois qu'il doit geler ou tomber de la neige; le vent, sans même être très violent, se rabat par les cheminées, et chasse dans la chambre les cendres du foyer : cela ne manque jamais d'arriver, surtout pendant la nuit, lorsque le feu est éteint ou couvert.

et le froid paroît et est en effet très considérablement augmenté par cette suppression d'une partie de cette chaleur; mais dès que l'air devient plus doux, et que la couche superficielle du globe perd sa rigidité, la chaleur retenue pendant tout le temps de la gelée sort en plus grande abondance que dans les climats où il ne gèle pas, en sorte que la somme des émanations de la chaleur devient égale et la même partout; et c'est par cette raison que les plantes végètent plus vite et que les récoltes se font en beaucoup moins de temps, dans les pays du nord; c'est par la même raison qu'on y ressent souvent, au commencement de l'été, des chaleurs insoutenables, etc.

Si l'on voulait douter de la suppression des émanations de la chaleur intérieure par l'effet de la gelée, il ne faut, pour s'en convaincre, que se rappeler des faits connus de tout le monde. Qu'après une gelée il tombe de la neige, on la verra se fondre sur tous les puits, les aquéducs, les citernes, les ciels de carrière, les voûtes des fosses souterraines ou des galeries des mines, lors même que ces profondeurs, ces puits ou ces citernes ne contiennent point d'eau. Les émanations de la terre ayant leur libre issue par ces espèces de cheminées, le terrain qui en recouvre le sommet n'est jamais gelé au même degré que la terre pleine; il permet aux émanations leur cours ordinaire, et leur chaleur suffit pour fondre la neige sur tous ces endroits creux, tandis qu'elle subsiste et demeure sur tout le reste de la surface où la terre n'est point excavée.

Cette suppression des émanations de la chaleur propre de la terre se fait non-seulement par la gelée, mais encore par le simple resserrement de la terre, souvent occasioné par un moindre degré de froid que celui qui est nécessaire pour en geler la surface. Il y a très peu de pays où il gèle dans les plaines au-delà du 35ᵉ degré de latitude, surtout dans l'hémisphère boréal; il semble donc que, depuis l'équateur jusqu'au 35ᵉ degré, les émanations de la chaleur terrestre ayant toujours leur libre issue, il ne devroit y avoir presque aucune différence de l'hiver à l'été, puisque cette différence ne pourroit

provenir que de deux causes, toutes deux trop petites pour produire un résultat sensible. La première de ces causes est la différence de l'action solaire : mais comme cette action elle-même est beaucoup plus petite que celle de la chaleur terrestre, leur différence devient dès-lors si peu considérable, qu'on peut la regarder comme nulle. La seconde cause est l'épaisseur du globe, qui, vers le 35e degré, est à peu près de $\frac{1}{500}$ moindre qu'à l'équateur; mais cette différence ne peut encore produire qu'un très petit effet, qui n'est nullement proportionnel à celui que nous indiquent les observations, puisqu'à 35 degrés le rapport des émanations de la chaleur terrestre à la chaleur solaire est en été de 33 à 1, et en hiver de 153 à 1; ce qui donneroit 186 à 2, ou 93 à 1. Ce ne peut donc être qu'au resserrement de la terre occasioné par le froid, ou même au froid produit par les pluies durables qui tombent dans ces climats, qu'on peut attribuer cette différence de l'hiver à l'été. Le resserrement de la terre par le froid supprime une partie des émanations de la chaleur intérieure, et le froid, toujours renouvelé par la chute des pluies, diminue l'intensité de cette même chaleur : ces deux causes produisent donc ensemble la différence de l'hiver à l'été.

D'après cet exposé, il me semble que l'on est maintenant en état d'entendre pourquoi les hivers semblent être si différents. Ce point de physique générale n'avoit jamais été discuté ; personne, avant M. de Mairan, n'avoit même cherché les moyens de l'expliquer, et nous avons démontré précédemment l'insuffisance de l'explication qu'il en donne : la mienne, au contraire, me paroît si simple et si bien fondée que je ne doute pas qu'elle ne soit entendue par tous les bons esprits.

Après avoir prouvé que la chaleur qui nous vient du soleil est fort inférieure à la chaleur propre de notre globe; après avoir exposé qu'en ne la supposant que de $\frac{1}{50}$, le refroidissement du globe à la température actuelle n'a pu se faire qu'en 74832 ans; après avoir montré que le temps de ce refroidissement seroit encore plus long si la chaleur envoyée par le soleil à la terre étoit dans un rapport plus grand, c'est-à-dire de $\frac{1}{25}$

ou de $\frac{1}{10}$ au lieu de $\frac{1}{50}$, on ne pourra pas nous blâmer d'avoir adopté la proportion qui nous paroît la plus plausible par les raisons physiques, et en même temps la plus convenable, pour ne pas trop étendre et reculer trop loin les temps du commencement de la nature, que nous avons fixé à 37 ou 38 mille ans, à dater en arrière de ce jour.

J'avoue néanmoins que ce temps, tout considérable qu'il est, ne me paroît pas encore assez grand, assez long pour certains changements, certaines altérations successives que l'histoire naturelle nous démontre, et qui semblent avoir exigé une suite de siècles encore plus longue : je serois donc très porté à croire que, dans le réel, les temps ci-devant indiqués pour la durée de la nature doivent être augmentés peut-être du double, si l'on veut se trouver à l'aise pour l'explication de tous les phénomènes. Mais je le répète, je m'en suis tenu aux moindres termes, et j'ai restreint les limites du temps autant qu'il étoit possible de le faire sans contredire les faits et les expériences.

On pourra peut-être chicaner ma théorie par une autre objection qu'il est bon de prévenir. On me dira que j'ai supposé, d'après Newton, la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du soleil d'été, et la chaleur du fer rouge huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante, c'est-à-dire vingt-quatre ou vingt-cinq fois plus grande que celle de la température actuelle de la terre, et qu'il entre de l'hypothétique dans cette supposition, sur laquelle j'ai néanmoins fondé la seconde base de mes calculs, dont les résultats seroient sans doute fort différents, si cette chaleur du fer rouge ou du verre en incandescence, au lieu d'être en effet vingt-cinq fois plus grande que la chaleur actuelle du globe, n'étoit, par exemple, que cinq ou six fois aussi grande.

Pour sentir la valeur de cette objection, faisons d'abord le calcul du refroidissement de la terre, dans cette supposition qu'elle n'étoit dans le temps de l'incandescence que cinq fois plus chaude qu'elle ne l'est aujourd'hui, en supposant, comme dans les autres calculs, que la chaleur solaire n'est que $\frac{1}{50}$ de la chaleur terrestre. Cette chaleur solaire, qui fait aujourd'hui

compensation de $\frac{1}{50}$, n'aurait fait compensation que de $\frac{1}{250}$ dans le temps de l'incandescence. Ces deux termes ajoutés donnent $\frac{6}{250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{15}{250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant la période entière de la déperdition de la chaleur propre du globe, qui est de 74047 ans. Ainsi l'on aura 5 : $\frac{15}{250}$: : 74047 : 888 $\frac{14}{25}$: d'où l'on voit que le prolongement du refroidissement, qui, par une chaleur vingt-cinq fois plus grande que la température actuelle, n'a été que de 770 ans, auroit été de 888 $\frac{14}{25}$ dans la supposition que cette première chaleur n'auroit été que cinq fois plus grande que cette même température actuelle. Cela seul nous fait voir que, quand même on voudroit supposer cette chaleur primitive fort au-dessous de vingt-cinq, il n'en résulteroit qu'un prolongement plus long pour le refroidissement du globe, et cela seul me paroît suffire aussi pour satisfaire à l'objection.

Enfin, me dira-t-on, vous avez calculé la durée du refroidissement des planètes, non-seulement par la raison inverse de leurs diamètres, mais encore par la raison inverse de leur densité; cela seroit fondé si l'on pouvoit imaginer qu'il existe en effet des matières dont la densité seroit aussi différente de celle de notre globe; mais en existe-t-il? Quelle sera, par exemple, la matière dont vous composerez Saturne, puisque sa densité est plus de cinq fois moindre que celle de la terre?

A cela je réponds qu'il serait aisé de trouver dans le genre végétal des matières cinq ou six fois moins denses qu'une masse de fer, de marbre blanc, de grès, de marbre commun et de pierre calcaire dure, dont nous savons que la terre est principalement composée. Mais sans sortir du règne minéral, et considérant la densité de ces cinq matières, on a pour celle du fer 21 $\frac{10}{72}$, pour celle du marbre blanc 8 $\frac{25}{72}$, pour celle du grès 7 $\frac{24}{72}$, pour celle du marbre commun et de la pierre calcaire dure 7 $\frac{20}{72}$; prenant le terme moyen des densités de ces cinq matières, dont le globe terrestre est principalement composé, on trouve que sa densité est 10 $\frac{5}{18}$. Il s'agit donc de trouver

une matière dont la densité soit 1 $\frac{891\frac{1}{2}}{1000}$; ce qui est le même rapport de 184, densité de Saturne, à 1000, densité de la terre. Or cette matière seroit une espèce de pierre ponce un peu moins dense que la pierre ponce ordinaire, dont la densité relative est ici de 1 $\frac{62}{72}$; il paroît donc que Saturne est principalement composé d'une matière légère semblable à la pierre ponce.

De même, la densité de la terre étant à celle de Jupiter :: 1000 : 292, ou :: 10 $\frac{5}{18}$: 3 $\frac{1\frac{1}{9}}{1000}$, on doit croire que Jupiter est composé d'une matière plus dense que la pierre ponce, et moins dense que la craie.

La densité de la terre étant à celle de la lune :: 1000 : 702, ou :: 10 $\frac{5}{18}$: 7 $\frac{215}{1000}$, cette planète secondaire est composée d'une matière dont la densité n'est pas tout-à-fait si grande que celle de la pierre calcaire dure, mais plus grande que celle de la pierre calcaire tendre.

La densité de la terre étant à celle de Mars :: 1000 : 730, ou :: 10 $\frac{5}{18}$: 7 $\frac{502\frac{1}{9}}{1000}$, on doit croire que cette planète est composée d'une matière dont la densité est un peu plus grande que celle du grès, et moins grande que celle du marbre blanc.

Mais la densité de la terre étant à celle de Vénus :: 1000 : 1270, ou :: 10 $\frac{5}{18}$: 13 $\frac{52\frac{7}{9}}{1000}$, on peut croire que cette planète est principalement composée d'une matière plus dense que l'émeril, et moins dense que le zinc.

Enfin la densité de la terre étant à celle de Mercure :: 1000 : 2040, ou :: 10 $\frac{5}{18}$: 20 $\frac{966\frac{2}{3}}{1000}$, on doit croire que cette planète est composée d'une matière un peu moins dense que le fer, mais plus dense que l'étain.

Eh! comment, dira-t-on, la nature vivante que vous supposez établie partout peut-elle exister sur des planètes de fer, d'émeril, ou de pierre ponce? Par les mêmes causes, répondrai-je, et par les mêmes moyens qu'elle existe sur le globe terrestre, quoique composé de pierre, de grès, de marbre, de fer et de verre. Il en est des autres planètes comme de notre globe: leur fonds principal est une des matières que nous

venons d'indiquer; mais les causes extérieures auront bientôt altéré la couche superficielle de cette matière, et selon les différents degrés de chaleur ou de froid, de sécheresse ou d'humidité, elles auront converti en assez peu de temps cette matière, de quelque nature qu'on la suppose, en une terre féconde et propre à recevoir les germes de la nature organisée, qui tous n'ont besoin que de chaleur et d'humidité pour se développer.

Après avoir satisfait aux objections qui paroissent se présenter les premières, il est nécessaire d'exposer les faits et les observations par lesquelles on s'est assuré que la chaleur du soleil n'est qu'un accessoire, un petit complément à la chaleur réelle qui émane continuellement du globe de la terre; et il sera bon de faire voir en même temps comment les thermomètres comparables nous ont appris, d'une manière certaine, que le chaud de l'été est égal dans tous les climats de la terre, à l'exception de quelques endroits, comme le Sénégal, et de quelques autres parties de l'Afrique où la chaleur est plus grande qu'ailleurs, par des raisons particulières dont nous parlerons lorsqu'il s'agira d'examiner les exceptions à cette règle générale.

On peut démontrer par des évaluations incontestables que la lumière, et par conséquent la chaleur envoyée du soleil à la terre en été, est très grande en comparaison de la chaleur envoyée par ce même astre en hiver, et que néanmoins, par des observations très exactes et très réitérées, la différence de la chaleur réelle de l'été à celle de l'hiver est fort petite. Cela seul seroit suffisant pour prouver qu'il existe dans le globe terrestre une très grande chaleur, dont celle du soleil ne fait que le complément; car en recevant les rayons du soleil sur le même thermomètre en été et en hiver, M. Amontons a le premier observé que les plus grandes chaleurs de l'été, dans notre climat, ne diffèrent du froid de l'hiver, lorsque l'eau se congèle, que comme 7 diffère de 6, tandis qu'on peut démontrer que l'action du soleil en été est environ 66 fois plus grande que celle du soleil en hiver : on ne peut donc pas dou-

ter qu'il n'y ait un fonds de très grande chaleur dans le globe terrestre, sur lequel, comme base, s'élèvent les degrés de la chaleur qui nous vient du soleil, et que les émanations de ce fonds de chaleur à la surface du globe ne nous donnent une quantité de chaleur beaucoup plus grande que celle qui nous arrive du soleil.

Si l'on demande comment on a pu s'assurer que la chaleur envoyée par le soleil en été est 66 fois plus grande que la chaleur envoyée par ce même astre en hiver dans notre climat, je ne puis mieux répondre qu'en renvoyant aux Mémoires donnés par feu M. de Mairan en 1719, 1722 et 1765, et insérés dans ceux de l'Académie, où il examine avec une attention scrupuleuse les causes de la vicissitude des saisons dans les différents climats. Ces causes peuvent se reduire à quatre principales, savoir: 1° l'inclinaison sous laquelle tombe la lumière du soleil suivant les différentes hauteurs de cet astre sur l'horizon; 2° l'intensité de la lumière, plus ou moins grande à mesure que son passage dans l'atmosphère est plus ou moins oblique; 3° la différente distance de la terre au soleil en été et en hiver; 4° l'inégalité de la longueur des jours dans les climats différents. Et en partant du principe que la quantité de la chaleur est proportionnelle à l'action de la lumière, on se démontrera aisément à soi-même que ces quatre causes réunies, combinées et comparées, diminuent pour notre climat cette action de la chaleur du soleil dans un rapport d'environ 66 à 1 du solstice d'été au solstice d'hiver. Et en supposant l'affoiblissement de l'action de la lumière par ces quatre causes, c'est-à-dire, 1° par la moindre ascension ou élévation du soleil à midi du solstice d'hiver, en comparaison de son ascension à midi du solstice d'été; 2° par la diminution de l'intensité de la lumière, qui traverse plus obliquement l'atmosphère au solstice d'hiver qu'au solstice d'été; 3° par la plus grande proximité de la terre au soleil en hiver qu'en été; 4° par la diminution de le continuité de la chaleur produite par la moindre durée du jour ou par la plus longue absence du soleil au solstice d'hiver, qui, dans notre climat, est à peu près double de

celle du solstice d'été, on ne pourra pas douter que la différence ne soit en effet très grande, et environ de 66 à 1 dans notre climat; et cette vérité de théorie peut être regardée comme aussi certaine que la seconde vérité, qui est d'expérience, et qui nous démontre, par les observations du thermomètre exposé immédiatement aux rayons du soleil en hiver et en été, que la différence de la chaleur réelle, dans ces deux temps, n'est néanmoins tout au plus que de 7 à 6. Je dis tout au plus; car cette détermination donnée par M. Amontons n'est pas, à beaucoup près, aussi exacte que celle qui a été faite par M. de Mairan d'après un grand nombre d'observations ultérieures, par lesquelles il prouve que ce rapport est : : 32 : 31. Que doit donc indiquer cette prodigieuse inégalité entre ces deux rapports de l'action de la chaleur solaire en été et en hiver, qui est de 66 à 1, et de celui de la chaleur réelle, qui n'est que de 32 à 31 de l'été à l'hiver? N'est-il pas évident que la chaleur propre du globe de la terre est nombre de fois plus grande que celle qui lui vient du soleil? Il paroît en effet que, dans le climat de Paris, cette chaleur de la terre est 29 fois plus grande en été, et 491 fois plus grande en hiver que celle du soleil, comme l'a déterminé M. de Mairan. Mais j'ai déjà averti qu'on ne doit pas conclure, de ces deux rapports combinés, le rapport réel de la chaleur du globe de la terre à celle qui lui vient du soleil, et j'ai donné les raisons qui m'ont décidé à supposer qu'on peut estimer cette chaleur du soleil cinquante fois moindre que la chaleur qui émane de la terre.

Il nous reste maintenant à rendre compte des observations faites avec les thermomètres. On a recueilli, depuis l'année 1710 jusqu'en 1756 inclusivement, le degré du plus grand chaud et celui du plus grand froid qui s'est fait à Paris chaque année: on en a fait une somme, et l'on a trouvé que, année commune, tous les thermomètres réduits à la division de Réaumur ont donné 1026 pour la plus grande chaleur de l'été, c'est-à-dire 26 degrés au-dessus du point de la congélation de l'eau; on a trouvé de même que le degré commun du plus grand froid de l'hiver a été, pendant ces cinquante-six années, de 994, ou

de 6 degrés au-dessous de la congélation de l'eau; d'où l'on a conclu, avec raison, que le plus grand chaud de nos étés à Paris ne diffère du plus grand froid de nos hivers que de $\frac{1}{32}$, puisque 994 : 1026 : : 31 : 32. C'est sur ce fondement que nous avons dit que le rapport du plus grand chaud au plus grand froid n'étoit que : : 32 : 31. Mais on peut objecter contre la précision de cette évaluation le défaut de construction du thermomètre, division de Réaumur, auquel on réduit ici l'échelle de tous les autres; et ce défaut est de ne partir que de mille degrés au-dessous de la glace, comme si ce millième degré étoit en effet celui du froid absolu, tandis que le froid absolu n'existe point dans la nature, et que celui de la plus petite chaleur devroit être supposé de dix mille au lieu de mille, ce qui changeroit la graduation du thermomètre. On peut encore dire qu'à la vérité il n'est pas impossible que toutes nos sensations entre le plus grand chaud et le plus grand froid soient comprises dans un aussi petit intervalle que celui d'une unité sur 32 de chaleur, mais que la voix du sentiment semble s'élever contre cette opinion, et nous dire que cette limite est trop étroite, et que c'est bien assez réduire cet intervalle que de lui donner un huitième ou un septième au lieu d'un trente-deuxième.

Mais quoi qu'il en soit de cette évalualion, qui se trouvera peut-être encore trop forte lorsqu'on aura des thermomètres mieux construits, on ne peut pas douter que la chaleur de la terre, qui sert de base à la chaleur réelle que nous éprouvons, ne soit très considérablement plus grande que celle qui nous vient du soleil, et que cette dernière n'en soit qu'un petit complément. De même, quoique les thermomètres dont on s'est servi pèchent par le principe de leur construction et par quelques autres défauts de leur graduation, on ne peut pas douter de la vérité des faits comparés que nous ont appris les observations faites en différents pays avec ces mêmes thermomètres construits et gradués de la même façon, parce qu'il ne s'agit ici que de vérités relatives et de résultats comparés, et non pas de vérités absolues.

Or, de la même manière qu'on a trouvé, par l'observation de cinquante-six années successives, la chaleur de l'été à Paris de 1026 ou de 26 degrés au-dessus de la congélation, on a aussi trouvé avec les mêmes thermomètres que cette chaleur de l'été étoit 1026 dans tous les autres climats de la terre, depuis l'équateur jusque vers le cercle polaire; à Madagascar, aux îles de France et de Bourbon, à l'île Rodrigue, à Siam, aux Indes orientales, à Alger, à Malte, à Cadix, à Montpellier, à Lyon, à Amsterdam, à Varsovie, à Upsal, à Pétersbourg, et jusqu'en Laponie près du cercle polaire; à Cayenne, au Pérou, à la Martinique, à Carthagène en Amérique et à Panama; enfin, dans tous les climats des deux hémisphères et des deux continents où l'on a pu faire des observations, on a constamment trouvé que la liqueur du thermomètre s'élevoit également à 25, 26, ou 27 degrés dans les jours les plus chauds de l'été; et de là résulte le fait incontestable de l'égalité de la chaleur en été dans tous les climats de la terre. Il n'y a sur cela d'autres exceptions que celle du Sénégal et de quelques autres endroits où le thermomètre s'élève 5 ou 6 degrés de plus, c'est-à-dire à 31 ou 32 degrés; mais c'est par des causes accidentelles et locales, qui n'altèrent point la vérité des observations ni la certitude de ce fait général, lequel seul pourroit encore nous démontrer qu'il existe réellement une très grande chaleur dans le globe terrestre, dont l'effet ou les émanations sont à peu près égales dans tous les points de sa surface, et que le soleil, bien loin d'être la sphère unique de la chaleur qui anime la nature, n'en est tout au plus que le régulateur.

Ce fait important, que nous consignons à la postérité, lui fera reconnoître la progression réelle de la diminution de la chaleur du globe terrestre, que nous n'avons pu déterminer que d'une manière hypothétique. On verra dans quelques siècles que la plus grande chaleur de l'été, au lieu d'élever la liqueur du thermomètre à 26, ne l'élèvera plus qu'à 25, à 24 ou au-dessous, et on jugera par cet effet, qui est le résultat de toutes les causes combinées, de la valeur de chacune des

causes particulières qui produisent l'effet total de la chaleur à la surface du globe ; car indépendamment de la chaleur qui appartient en propre à la terre et qu'elle possède dès le temps de l'incandescence, chaleur dont la quantité est très considérablement diminuée et continuera de diminuer dans la succession des temps, indépendamment de la chaleur qui nous vient du soleil, qu'on peut regarder comme constante, et qui par conséquent fera dans la suite une plus grande compensation qu'aujourd'hui à la perte de cette chaleur propre du globe, il y a encore deux autres causes particulières qui peuvent ajouter une quantité considérable de chaleur à l'effet des deux premières, qui sont les seules dont nous ayons fait jusqu'ici l'évaluation.

L'une de ces causes particulières provient en quelque façon de la première cause générale, et peut y ajouter quelque chose. Il est certain que dans le temps de l'incandescence, et dans tous les siècles subséquents, jusqu'à celui du refroidissement de la terre, au point de pouvoir la toucher, toutes les matières volatiles ne pouvoient résider à la surface ni même dans l'intérieur du globe; elles étoient élevées et répandues en forme de vapeurs, et n'ont pu se déposer que successivement à mesure qu'il se refroidissoit. Ces matières ont pénétré par les fentes et les crevasses de la terre à d'assez grandes profondeurs en une infinité d'endroits : c'est là le fonds primitif des volcans, qui, comme l'on sait, se trouvent tous dans les hautes montagnes, où les fentes de la terre sont d'autant plus grandes que ces pointes du globe sont plus avancées, plus isolées. Ce dépôt des matières volatiles du premier âge aura été prodigieusement augmenté par l'addition de toutes les matières combustibles, dont la formation est des âges subséquents. Les pyrites, les soufres, les charbons de terre, les bitumes, etc., ont pénétré dans les cavités de la terre, et ont produit presque partout de grands amas de matières inflammables, et souvent des incendies qui se manifestent par des tremblements de terre, par l'éruption des volcans, et par les sources chaudes qui découlent des montagnes ou sourdent à

l'intérieur dans les cavités de la terre. On peut donc présumer que ces feux souterrains, dont les uns brûlent, pour ainsi dire, sourdement et sans explosion, et dont les autres éclatent avec tant de violence, augmentent un peu l'effet de la chaleur générale du globe. Néanmoins cette addition de chaleur ne peut être que très petite; car on a observé qu'il fait à très peu près aussi froid au-dessus des volcans qu'au-dessus des autres montagnes à la même hauteur, à l'exception des temps où le volcan travaille et jette au dehors des vapeurs enflammées ou des matières brûlantes. Cette cause particulière de chaleur ne me paroît donc pas mériter autant de considération que lui en ont donné quelques physiciens.

Il n'en est pas de même d'une seconde cause à laquelle il semble qu'on n'a pas pensé, c'est le mouvement de la lune autour de la terre. Cette planète secondaire fait sa révolution autour de nous en 27 jours un tiers environ, et, étant éloignée à 85 mille 325 lieues, elle parcourt une circonférence de 536 mille 329 lieues dans cet espace de temps, ce qui fait un mouvement de 817 lieues pas heure, ou de 13 à 14 lieues par minute. Quoique cette marche soit peut-être la plus lente de tous les corps célestes, elle ne laisse pas d'être assez rapide pour produire sur la terre, qui sert d'essieu ou de pivot à ce mouvement, une chaleur considérable par le frottement qui résulte de la charge et de la vitesse de cette planète; mais il ne nous est pas possible d'évaluer cette quantité de chaleur produite par cette cause extérieure, parce que nous n'avons rien jusqu'ici qui puisse nous servir d'unité ou de terme de comparaison; mais si l'on parvient jamais à connoître le nombre, la grandeur et la vitesse de toutes les comètes, comme nous connoissons le nombre, la grandeur et la vitesse de toutes les planètes qui circulent autour du soleil, on pourra juger alors de la quantité de chaleur que la lune peut donner à la terre, par la quantité beaucoup plus grande de feu que tous ces vastes corps excitent dans le soleil; et je serois fort porté à croire que la chaleur produite par cette cause dans le globe de la terre ne laisse pas de faire une partie assez consi-

dérable de sa chaleur propre, et qu'en conséquence il faut encore étendre les limites des temps pour la durée de la nature. Mais revenons à notre principal objet.

Nous avons vu que les étés sont à très peu près égaux dans tous les climats de la terre, et que cette vérité est appuyée sur des faits incontestables; mais il n'en est pas de même des hivers; ils sont très inégaux, et d'autant plus inégaux dans les différents climats, qu'on s'éloigne plus de celui de l'équateur, où la chaleur en hiver et en été est à peu près la même. Je crois en avoir donné la raison dans le cours de ce mémoire, et avoir expliqué d'une manière satisfaisante la cause de cette inégalité par la suppression des émanations de la chaleur terrestre. Cette suppression est, comme je l'ai dit, occasionée par les vents froids qui se rabattent du haut de l'air, resserrent les terres, glacent les eaux et renferment les émanations de la chaleur terrestre pendant tout le temps que dure la gelée, en sorte qu'il n'est pas étonnant que le froid des hivers soit en effet d'autant plus grand que l'on avance davantage vers les climats où la masse de l'air, recevant plus obliquement les rayons du soleil, est, par cette raison, la plus froide.

Mais il y a pour le froid comme pour le chaud quelques contrées sur la terre qui font une exception à la règle générale. Au Sénégal, en Guinée, à Angole et probablement dans tous les pays où l'on trouve l'espèce humaine teinte de noir, comme en Nubie, à la terre des Papous, dans la Nouvelle-Guinée, etc., il est certain que la chaleur est plus grande que dans tout le reste de la terre; mais c'est par des causes locales, dont nous avons donné l'explication dans le premier volume de cet ouvrage[1]. Ainsi, dans ces climats particuliers où le vent d'est règne pendant toute l'année et passe, avant d'arriver, sur une étendue de terre très considérable où il prend une chaleur brûlante, il n'est pas étonnant que la chaleur se trouve plus grande de 5, 6, et même 7 degrés, qu'elle ne l'est partout ailleurs; et de même les froids excessifs de la Sibérie ne prouvent rien autre chose, sinon que cette partie de la surface du

[1] Voyez l'Histoire naturelle, article *Variétés de l'espèce humaine*.

globe est beaucoup plus élevée que toutes les terres adjacentes. « Les pays asiatiques septentrionaux, dit le baron de Strahlenberg, sont considérablement plus élevés que les européens : ils le sont comme une table l'est en comparaison du plancher sur lequel elle est posée; car lorsqu'en venant de l'ouest et sortant de la Russie, on passe à l'est par les monts Riphées et Rymniques pour entrer en Sibérie, on avance toujours plus en montant qu'en descendant. Il y a bien des plaines en Sibérie, dit M. Gmelin, qui ne sont pas moins élevées au-dessus du reste de la terre, ni moins éloignées de son centre, que ne le sont d'assez hautes montagnes en plusieurs autres régions. » Ces plaines de Sibérie paroissent être en effet tout aussi hautes que le sommet des monts Riphées, sur lequel la glace et la neige ne fondent pas entièrement pendant l'été; et si ce même effet n'arrive pas dans les plaines de Sibérie, c'est parce qu'elles sont moins isolées, car cette circonstance locale fait encore beaucoup à la durée et à l'intensité du froid ou du chaud. Une vaste plaine, une fois échauffée, conservera sa chaleur plus long-temps qu'une montagne isolée, quoique toutes deux également élevées, et par cette même raison la montagne, une fois refroidie, conservera sa neige ou sa glace plus long-temps que la plaine.

Mais si l'on compare l'excès du chaud à l'excès du froid produit par ces causes particulières et locales, on sera peut-être surpris de voir que, dans les pays tels que le Sénégal, où la chaleur est la plus grande, elle n'excède néanmoins que de 7 degrés la plus grande chaleur générale, qui est de 26 degrés au-dessus de la congélation, et que la plus grande hauteur à laquelle s'élève la liqueur du thermomètre n'est tout au plus que de 33 degrés au-dessus de ce même point; tandis que les grands froids de Sibérie vont quelquefois jusqu'à 60 et 70 degrés au-dessous de ce même point de la congélation, et qu'à Pétersbourg, à Upsal, etc., sous la même latitude de la Sibérie, les plus grands froids ne font descendre la liqueur qu'à 25 ou 26 degrés au-dessous de la congélation. Ainsi l'excès de chaleur produit par les causes locales n'étant que de 6 ou 7 degrés

au-dessus de la plus grande chaleur du reste de la zone torride, et l'excès du froid produit de même par les causes locales étant de plus de 40 degrés au-dessus du plus grand froid sous la même latitude, on doit en conclure que ces mêmes causes locales ont bien plus d'influence dans les climats froids que dans les climats chauds, quoiqu'on ne voie pas d'abord ce qui peut produire cette grande différence dans l'excès du froid et du chaud. Cependant en y réfléchissant, il me semble qu'on peut concevoir aisément la raison de cette différence. L'augmentation de la chaleur d'un climat tel que le Sénégal ne peut venir que de l'action de l'air, de la nature du terroir, et de la dépression du terrain. Cette contrée, presque au niveau de la mer, est en grande partie couverte de sables arides; un vent d'est constant, au lieu d'y rafraîchir l'air, le rend brûlant, parce que ce vent traverse, avant que d'arriver, plus de deux mille lieues de terre sur laquelle il s'échauffe toujours de plus en plus; et néanmoins toutes ces causes réunies ne produisent qu'un excès de 6 ou 7 degrés au-dessus de 26, qui est le terme de la plus grande chaleur de tous les autres climats. Mais dans une contrée telle que la Sibérie, où les plaines sont élevées comme les sommets des montagnes le sont au-dessus du niveau du reste de la terre, cette seule différence d'élévation doit produire un effet proportionnellement beaucoup plus grand que la dépression du terrain du Sénégal, qu'on ne peut pas supposer plus grande que celle du niveau de la mer; car si les plaines de Sibérie sont seulement élevées de quatre ou cinq cents toises au-dessus du niveau d'Upsal ou de Pétersbourg, on doit cesser d'être étonné que l'excès du froid y soit si grand, puisque, la chaleur qui émane de la terre décroissant à chaque point comme l'espace augmente, cette seule cause de l'élévation du terrain suffit pour expliquer cette grande différence du froid sous la même latitude.

Il ne reste sur cela qu'une question assez intéressante. Les hommes, les animaux et les plantes peuvent supporter pendant quelque temps la rigueur de ce froid extrême, qui est de 60 degrés au-dessous de la congélation : pourroient-ils égale-

ment supporter une chaleur qui seroit de 60 degrés au-dessus? Oui, si l'on pouvoit se précautionner et se mettre à l'abri contre le chaud comme on sait le faire contre le froid; si d'ailleurs cette chaleur excessive ne duroit, comme le froid excessif, que pendant un petit temps, et si l'air pouvoit, pendant le reste de l'année, rafraîchir la terre de la même manière que les émanations de la chaleur du globe réchauffent l'air dans les pays froids. On connoît des plantes, des insectes et des poissons qui croissent et vivent dans des eaux thermales dont la chaleur est de 45, 50, et jusqu'à 60 degrés : il y a donc des espèces dans la nature vivante qui peuvent supporter ce degré de chaleur; et comme les Nègres sont dans le genre humain ceux que la grande chaleur incommode le moins, ne devroit-on pas en conclure avec assez de vraisemblance que, dans notre hypothèse, leur race pourroit être plus ancienne que celle des hommes blancs?

FIN DE L'INTRODUCTION.

DES ÉPOQUES

DE LA NATURE.

DES ÉPOQUES
DE LA NATURE.

Comme, dans l'histoire civile, on consulte les titres, on recherche les médailles, on déchiffre les inscriptions antiques, pour déterminer les époques des révolutions humaines, et constater les dates des événements moraux; de même, dans l'histoire naturelle, il faut fouiller les archives du monde, tirer des entrailles de la terre les vieux monuments, recueillir leurs débris, et rassembler en un corps de preuves tous les indices des changements physiques qui peuvent nous faire remonter aux différents âges de la nature. C'est le seul moyen de fixer quelques points dans l'immensité de l'espace, et de placer un certain nombre de pierres numéraires sur la route éternelle du temps. Le passé est comme la distance; notre vue y décroît, et s'y perdroit de même, si l'histoire et la chronologie n'eussent placé des fanaux, des flambeaux aux points les plus obscurs : mais, malgré ces lumières de la tradition écrite, si l'on remonte à quelques siècles, que d'incertitudes dans les faits! que d'erreurs sur les causes des événements! et quelle obscurité profonde n'environne pas les temps antérieurs à cette tradition! D'ailleurs elle ne nous a transmis que les gestes de quelques nations, c'est-à-dire les actes d'une très petite partie du genre humain; tout le reste des hommes est demeuré nul pour nous, nul pour la postérité; ils ne sont sortis de leur néant que pour passer comme des ombres qui ne laissent point de traces : et plût au ciel que le nombre de tous ces prétendus héros dont on a célébré les crimes ou la gloire sanguinaire fût également enseveli dans la nuit de l'oubli!

Ainsi l'histoire civile, bornée d'un côté par les ténèbres d'un temps assez voisin du nôtre, ne s'étend de l'autre qu'aux

petites portions de terre qu'ont occupées successivement les peuples soigneux de leur mémoire; au lieu que l'histoire naturelle embrasse également tous les espaces, tous les temps, et n'a d'autres limites que celles de l'univers.

La nature étant contemporaine de la matière, de l'espace et du temps, son histoire est celle de toutes les substances, de tous les lieux, de tous les âges; et quoiqu'il paroisse à la première vue que ses grands ouvrages ne s'altèrent ni ne changent, et que dans ses productions, même les plus fragiles et les plus passagères, elle se montre toujours et constamment la même, puisqu'à chaque instant ses premiers modèles reparoissent à nos yeux sous de nouvelles représentations, cependant, en l'observant de près, on s'apercevra que son cours n'est pas absolument uniforme : on reconnoîtra qu'elle admet des variations sensibles, qu'elle reçoit des altérations successives, qu'elle se prête même à des combinaisons nouvelles, à des mutations de matière et de forme; qu'enfin autant elle paroît fixe dans son tout, autant elle est variable dans chacune de ses parties; et si nous l'embrassons dans toute son étendue, nous ne pourrons douter qu'elle ne soit aujourd'hui très différente de ce qu'elle étoit au commencement et de ce qu'elle est devenue dans la succession des temps : ce sont ces changements divers que nous appelons ses époques. La nature s'est trouvée dans différents états; la surface de la terre a pris successivement des formes différentes; les cieux même ont varié, et toutes les choses de l'univers physique sont, comme celles du monde moral, dans un mouvement continuel de variations successives. Par exemple, l'état dans lequel nous voyons aujourd'hui la nature est autant notre ouvrage que le sien; nous avons su la tempérer, la modifier, la plier à nos besoins, à nos désirs; nous avons sondé, cultivé, fécondé la terre : l'aspect sous lequel elle se présente est donc bien différent de celui des temps antérieurs à l'invention des arts. L'âge d'or de la morale ou plutôt de la fable, n'étoit que l'âge de fer de la physique et de la vérité. L'homme de ce temps, encore à demi sauvage, dispersé, peu nombreux, ne sentoit pas sa puissance,

ne connoissoit pas sa vraie richesse; le trésor de ses lumières étoit enfoui; il ignoroit la force des volontés unies, et ne se doutoit pas que, par la société et par des travaux suivis et concertés, il viendroit à bout d'imprimer ses idées sur la face entière de l'univers.

Aussi faut-il aller chercher et voir la nature dans ces régions nouvellement découvertes, dans ces contrées de tout temps inhabitées, pour se former une idée de son état ancien; et cet ancien état est encore bien moderne en comparaison de celui où nos continents terrestres étoient couverts par les eaux, où les poissons habitoient sur nos plaines, où nos montagnes formoient les écueils des mers : combien de changements et de différents états ont dû se succéder depuis ces temps antiques (qui cependant n'étoient pas les premiers) jusqu'aux âges de l'histoire! que de choses ensevelies! combien d'événements entièrement oubliés! que de révolutions antérieures à la mémoire des hommes! Il a fallu une très longue suite d'observations, il a fallu trente siècles de culture à l'esprit humain, seulement pour reconnoître l'état présent des choses. La terre n'est pas encore entièrement découverte; ce n'est que depuis peu qu'on a déterminé sa figure; ce n'est que de nos jours qu'on s'est élevé à la théorie de sa forme intérieure, et qu'on a démontré l'ordre et la disposition des matières dont elle est composée : ce n'est donc que de cet instant où l'on peut commencer à comparer la nature avec elle-même, et remonter de son état actuel et connu à quelques époques d'un état plus ancien.

Mais comme il s'agit ici de percer la nuit des temps, de reconnoître par l'inspection des choses actuelles l'ancienne existence des choses anéanties, et de remonter par la seule force des faits subsistants à la vérité historique des faits ensevelis; comme il s'agit, en un mot, de juger non-seulement le passé moderne mais le passé le plus ancien, par le seul présent, et que, pour nous élever jusqu'à ce point de vue, nous avons besoin de toutes nos forces réunies, nous emploierons trois grands moyens : 1° les faits qui peuvent nous rapprocher de l'origine de la nature ; 2° les monuments qu'on doit regarder comme les témoins de ses

premiers âges; 3° les traditions qui peuvent nous donner quelque idée des âges subséquents : après quoi nous tâcherons de lier le tout par des analogies, et de former une chaîne qui, du sommet de l'échelle du temps, descendra jusqu'à nous.

PREMIER FAIT.

La terre est élevée sur l'équateur et abaissée sous les pôles, dans la proportion qu'exigent les lois de la pesanteur et de la force centrifuge.

SECOND FAIT.

Le globe terrestre a une chaleur intérieure qui lui est propre, et qui est indépendante de celle que les rayons du soleil peuvent lui communiquer.

TROISIÈME FAIT.

La chaleur que le soleil envoie à la terre est assez petite en comparaison de la chaleur propre du globe terrestre; et cette chaleur envoyée par le soleil ne seroit pas seule suffisante pour maintenir la nature vivante.

QUATRIÈME FAIT.

Les matières qui composent le globe de la terre sont en général de la nature du verre, et peuvent être toutes réduites en verre.

CINQUIÈME FAIT.

On trouve sur toute la surface de la terre, et même sur les montagnes, jusqu'à quinze cents et deux mille toises de hauteur, une immense quantité de coquilles et d'autres débris des productions de la mer.

Examinons d'abord si, dans ces faits que je veux employer, il n'y a rien qu'on puisse raisonnablement contester. Voyons si tous sont prouvés, ou du moins peuvent l'être; après quoi nous passerons aux inductions que l'on doit en tirer.

Le premier fait du renflement de la terre à l'équateur et de son aplatissement aux pôles est mathématiquement démontré

et physiquement prouvé par la théorie de la gravitation et par les expériences du pendule. Le globe terrestre a précisément la figure que prendroit un globe fluide qui tourneroit sur lui-même avec la vitesse que nous connoissons au globe de la terre. Ainsi la première conséquence qui sort de ce fait incontestable c'est que la matière dont notre terre est composée étoit dans un état de fluidité au moment qu'elle a pris sa forme, et ce moment est celui où elle a commencé à tourner sur elle-même : car si la terre n'eût pas été fluide, et qu'elle eût eu la même consistance que nous lui voyons aujourd'hui, il est évident que cette matière consistante et solide n'auroit pas obéi à la loi de la force centrifuge, et que par conséquent, malgré la rapidité de son mouvement de rotation, la terre, au lieu d'être un sphéroïde renflé sur l'équateur et aplati sous les pôles, seroit au contraire une sphère exacte, et qu'elle n'auroit jamais pu prendre d'autre figure que celle d'un globe parfait, en vertu de l'attraction mutuelle de toutes les parties de la matière dont elle est composée.

Or, quoiqu'en général toute fluidité ait la chaleur pour cause, puisque l'eau même, sans la chaleur, ne formeroit qu'une substance solide, nous avons deux manières différentes de concevoir la possibilité de cet état primitif de fluidité dans le globe terrestre, parce qu'il semble d'abord que la nature ait deux moyens pour l'opérer. Le premier est la dissolution ou même le délaiement des matières terrestres dans l'eau; et le second, leur liquéfaction par le feu. Mais l'on sait que le plus grand nombre de matières solides qui composent le globe terrestre ne sont pas dissolubles dans l'eau; et en même temps l'on voit que la quantité d'eau est si petite en comparaison de celle de la matière aride, qu'il n'est pas possible que l'une ait jamais été délayée dans l'autre. Ainsi, cet état de fluidité dans lequel s'est trouvée la masse entière de la terre n'ayant pu s'opérer ni par la dissolution ni par le délaiement dans l'eau, il est nécessaire que cette fluidité ait été une liquéfaction causée par le feu.

Cette juste conséquence, déjà très vraisemblable par elle-

même, prend un nouveau degré de probabilité par le second fait, et devient une certitude pour le troisième fait. La chaleur intérieure du globe, encore actuellement subsistante, et beaucoup plus grande que celle qui nous vient du soleil, nous démontre que cet ancien feu qu'a éprouvé le globe n'est pas encore, à beaucoup près, entièrement dissipé : la surface de la terre est plus refroidie que son intérieur. Des expériences certaines et réitérées nous assurent que la masse entière du globe a une chaleur propre tout-à-fait indépendante de celle du soleil : cette chaleur nous est démontrée par la comparaison de nos hivers à nos étés [1]; et on la reconnoît d'une manière encore plus palpable dès qu'on pénètre au-dedans de la terre ; elle est constante en tous lieux pour chaque profondeur, et elle paroît augmenter à mesure que l'on descend [2]. Mais que sont nos travaux en comparaison de ceux qu'il faudroit faire pour reconnoître les degrés successifs de cette chaleur inté-

[1] Voyez dans cet ouvrage, l'article qui a pour titre : *Des Éléments*, et particulièrement les deux mémoires *sur la température des planètes*.

[2] « Il ne faut pas creuser bien avant pour trouver d'abord une chaleur constante, et qui ne varie plus, quelle que soit la température de l'air à la surface de la terre. On sait que la liqueur du thermomètre se soutient toujours sensiblement pendant toute l'année à la même hauteur dans les caves de l'Observatoire, qui n'ont pourtant que 14 pieds ou 84 toises de profondeur depuis le rez-de-chaussée. C'est pourquoi l'on fixe à ce point la hauteur moyenne ou tempérée de notre climat. Cette chaleur se soutient encore ordinairement et à peu de chose près la même depuis une semblable profondeur de 14 ou 15 toises jusqu'à 60, 80 ou 100 toises au-delà, plus ou moins, selon les circonstances, comme on l'éprouve dans les mines ; après quoi elle augmente et devient quelquefois si grande, que les ouvriers ne sauroient y tenir et y vivre, si on ne leur procuroit que quelques rafraîchissements et un nouvel air, soit par des *puits de respiration*, soit par des chutes d'eau.... M. de Gensanne a éprouvé dans les mines de Giromagny, à trois lieues de Béfort, que le thermomètre étant porté à 52 toises de profondeur verticale, se soutint à 10 degrés, comme dans les caves de l'Observatoire ; qu'à 106 toises de profondeur il étoit à 10 degrés $\frac{1}{2}$, qu'à 158 toises il monta à 15 degrés $\frac{1}{2}$, et qu'à 222 toises de profondeur il s'éleva à 18 degrés $\frac{1}{2}$. » (*Dissertation sur la glace*, par M. de Mairan ; Paris, 1749, in-12, page 60 et suiv.)

« Plus on descend à de grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre, dit ailleurs M. de Gensanne, plus on éprouve une chaleur sensible qui va toujours en augmentant à mesure qu'on descend plus bas : cela est au point qu'à 1800 pieds de profondeur au-dessous du sol du Rhin, pris à Huningue en Alsace, j'ai trouvé que la chaleur est déjà assez forte pour causer à l'eau une

rieure dans les profondeurs du globe? Nous avons fouillé les montagnes à quelques centaines de toises pour en tirer les métaux, nous avons fait dans les plaines des puits de quelques centaines de pieds; ce sont là nos plus grandes excavations, ou plutôt nos fouilles les plus profondes; elles effleurent à peine la première écorce du globe, et néanmoins la chaleur intérieure y est déjà plus sensible qu'à la surface : on doit donc présumer que si l'on pénétroit plus avant, cette chaleur seroit plus grande, et que les parties voisines du centre de la terre sont plus chaudes que celles qui en sont éloignées, comme l'on voit dans un boulet rougi au feu l'incandescence se conserver dans les parties voisines du centre long-temps après que la surface a perdu cet état d'incandescence et de rougeur. Ce feu ou plutôt cette chaleur intérieure de la terre est encore indiquée par les effets de l'électricité, qui convertit en éclairs lumineux cette chaleur obscure; elle nous est démontrée par la température de l'eau de la mer, laquelle, aux mêmes profondeurs, est à peu près égale à celle de l'intérieur de la terre [1].

évaporation sensible. On peut voir le détail de mes expériences à ce sujet dans la dernière édition de l'excellent *Traité de la glace* de feu mon illustre ami, M. Dortous de Mairan. » (*Histoire naturelle du Languedoc*, t. I, p. 24.)

« Tous les filons riches des mines de toute espèce, dit M. Eller, sont dans les fentes perpendiculaires de la terre, et l'on ne sauroit déterminer la profondeur de ces fentes : il y en a en Allemagne où l'on descend au-delà de 600 perches (*lachters*) *; à mesure que les mineurs descendent, ils rencontrent une température d'air toujours plus chaude. » (*Mémoire sur la génération des métaux*. Académie de Berlin, année 1733.) (*Add. Buff.*)

[1] « Ayant plongé un thermomètre dans la mer en différents lieux et en différents temps, il s'est trouvé que la température à 10, 20, 30 et 120 brasses, étoit également de 10 degrés ou 10 degrés $^{1}/_{4}$. » Voyez l'*Histoire physique de la mer*, par Marsigli, page 16... M. de Mairan fait à ce sujet une remarque très judicieuse, c'est que « les eaux les plus chaudes, qui sont à la plus grande profondeur, doivent, comme plus légères, continuellement monter au-dessus de celles qui le sont le moins; ce qui donnera à cette grande couche liquide du globe terrestre une température à peu près égale, conformément aux observations de Marsigli, excepté vers la superficie actuellement exposée aux impressions de l'air et où l'eau se gèle quelquefois avant que d'avoir eu le temps de descendre par son poids et son refroidissement. (*Dissertation sur la glace*, page 69.)

* On assure que le *lachter* est une mesure à peu près égale à la brasse de 5 pieds de longueur; ce qui donne 3000 pieds de profondeur à ces mines.

D'ailleurs il est aisé de prouver que la liquidité des eaux de mer en général ne doit point être attribuée à la puissance des rayons solaires, puisqu'il est démontré, par l'expérience, que la lumière du soleil ne pénètre qu'à six cents pieds à travers l'eau la plus limpide[1], et que par conséquent sa chaleur n'arrive

[1] Feu M. Bouguer, savant astronome de l'Académie royale des Sciences, a observé qu'avec seize morceaux de verre ordinaire dont on fait les vitres, appliqués les uns contre les autres, et faisant en tout une épaisseur de 9 lignes $\frac{1}{2}$, la lumière passant au travers de ces seize morceaux de verre diminuoit deux cent quarante-sept fois, c'est-à-dire qu'elle étoit deux cent quarante-sept fois plus foible qu'avant d'avoir traversé ces seize morceaux de verre; ensuite il a placé soixante-quatorze morceaux de ce même verre à quelque distance les uns des autres dans un tuyau, pour diminuer la lumière du soleil jusqu'à extinction : cet astre étoit de 50 degrés de hauteur sur l'horizon lorsqu'il fit cette expérience; et les soixante-quatorze morceaux de verre ne l'empêchoient pas de voir encore quelque apparence de son disque. Plusieurs personnes qui étoient avec lui voyoient aussi une foible lueur, qu'ils ne distinguoient qu'avec peine, et qui s'évanouissoit aussitôt que leurs yeux n'étoient pas tout-à-fait dans l'obscurité; mais lorsqu'on eut ajouté trois morceaux de verre aux soixante-quatorze premiers, aucun des assistants ne vit plus la moindre lumière; en sorte qu'en supposant quatre-vingts morceaux de ce même verre on a l'épaisseur de verre nécessaire pour qu'il n'y ait plus aucune transparence par rapport aux vues même les plus délicates; et M. Bouguer trouve par un calcul assez facile, que la lumière du soleil est alors rendue 900 milliards de fois plus foible : aussi toute matière transparente qui, par sa grande épaisseur, fera diminuer la lumière du soleil 900 milliards de fois perdra dès-lors toute sa transparence.

En appliquant cette règle à l'eau de la mer, qui de toutes les eaux est la plus limpide, M. Bouguer a trouvé que, pour perdre toute sa transparence, il faut 256 pieds d'épaisseur, attendu que, par une autre expérience, la lumière d'un flambeau avoit diminué dans le rapport de 14 à 5, en traversant 115 pouces d'épaisseur d'eau de mer contenue dans un canal de 9 pieds 7 pouces de longueur, et que, par un calcul qu'on ne peut contester, elle doit perdre toute transparence à 256 pieds. Ainsi, selon M. Bouguer, il ne doit passer aucune lumière sensible au-delà de 256 pieds dans la profondeur de l'eau. (*Essai d'optique sur la gradation de la lumière;* Paris, 1729, in-12, pag. 85.)

Cependant il me semble que ce résultat de M. Bouguer s'éloigne encore beaucoup de la réalité : il seroit à désirer qu'il eût fait ces expériences avec des masses de verre de différente épaisseur, et non pas avec des morceaux de verre mis les uns sur les autres : je suis persuadé que la lumière du soleil auroit percé une plus grande épaisseur que celle de ces quatre-vingts morceaux, qui, tous ensemble, ne formoient que 47 lignes $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire à peu près 4 pouces : or, quoique ces morceaux dont il s'est servi fussent de verre commun, il est certain qu'une masse solide de quatre pouces d'épaisseur de ce même verre n'auroit pas entièrement intercepté la lumière du soleil, d'autant que je me suis assuré, par ma propre expérience, qu'une épaisseur de

peut-être pas au quart de cette épaisseur, c'est-à-dire à cent cinquante pieds[1]. Ainsi toutes les eaux qui sont au-dessous de cette profondeur seroient glacées sans la chaleur intérieure de

6 pouces de verre blanc la laisse passer encore assez vivement, comme on le verra dans la note suivante. Je crois donc qu'on doit plus que doubler les épaisseurs données par M. Bouguer, et que la lumière du soleil pénètre au moins à 600 pieds à travers l'eau de la mer : car il y a une seconde inattention dans les expériences de ce savant physicien; c'est de n'avoir pas fait passer la lumière du soleil à travers son tuyau rempli d'eau de mer, de 9 pieds 7 pouces de longueur; il s'est contenté d'y faire passer la lumière d'un flambeau, et il en a conclu la diminution dans le rapport de 14 à 5 : or je suis persuadé que cette diminution n'auroit pas été si grande sur la lumière du soleil, d'autant que celle du flambeau ne pouvoit passer qu'obliquement, au lieu que celle du soleil passant directement auroit été plus pénétrante par la seule incidence, indépendamment de sa pureté et de son intensité. Ainsi, tout bien considéré, il me paroît que, pour approcher le plus près qu'il est possible de la vérité, on doit supposer que la lumière du soleil pénètre dans le sein de la mer jusqu'à 100 toises ou 600 pieds de profondeur, et la chaleur jusqu'à 150 pieds. Ce n'est pas à dire pour cela qu'il ne passe encore au-delà quelques atomes de lumière et de chaleur, mais seulement que leur effet seroit absolument insensible, et ne pourroit être reconnu par aucun de nos sens. (*Add. Buff.*)

[1] Je crois être assuré de cette vérité par une analogie tirée d'une expérience qui me paroît décisive : avec une loupe de verre massif de 27 pouces de diamètre sur 6 pouces d'épaisseur à son centre je me suis aperçu, en couvrant la partie du milieu, que cette loupe ne brûloit, pour ainsi dire, que par les bords jusqu'à 4 pouces d'épaisseur, et que toute la partie plus épaisse ne produisoit presque point de chaleur; ensuite ayant couvert toute cette loupe, à l'exception d'un pouce d'ouverture sur son centre, j'ai reconnu que la lumière du soleil étoit si fort affoiblie, après avoir traversé cette épaisseur de 6 pouces de verre, qu'elle ne produisoit aucun effet sur le thermomètre. Je suis donc bien fondé à présumer que cette même lumière, affoiblie par 150 pieds d'épaisseur d'eau, ne donneroit pas un degré de chaleur sensible.

La lumière que la lune réfléchit à nos yeux est certainement la lumière réfléchie du soleil; cependant cette lumière n'a point de chaleur sensible, et même, lorsqu'on la concentre au foyer d'un miroir ardent, qui augmente prodigieusement la chaleur du soleil, cette lumière réfléchie par la lune n'a point encore de chaleur sensible; et celle du soleil n'aura pas plus de chaleur, dès qu'en traversant une certaine épaisseur d'eau, elle deviendra aussi foible que celle de la lune. Je suis donc persuadé qu'en laissant passer les rayons du soleil dans un large tuyau rempli d'eau, de 50 pieds de longueur seulement, ce qui n'est que le tiers de l'épaisseur que j'ai supposée, cette lumière affoiblie ne produiroit sur un thermomètre aucun effet, en supposant même la liqueur du thermomètre au degré de la congélation; d'où j'ai cru pouvoir conclure que, quoique la lumière du soleil perce jusqu'à 600 pieds dans le sein de la mer, sa chaleur ne pénètre pas au quart de cette profondeur. (*Add. Buff.*)

la terre, qui seule peut entretenir leur liquidité. Et de même il est encore prouvé, par l'expérience, que la chaleur des rayons solaires ne pénètre pas à quinze ou vingt pieds dans la terre, puisque la glace se conserve à cette profondeur pendant les étés les plus chauds. Donc il est démontré qu'il y a au-dessous du bassin de la mer, comme dans les premières couches de la terre, une émanation continuelle de chaleur qui entretient la liquidité des eaux, et produit la température de la terre; donc il existe dans son intérieur une chaleur qui lui appartient en propre, et qui est tout-à-fait indépendante de celle que le soleil peut lui communiquer.

Nous pouvons encore confirmer ce fait général par un grand nombre de faits particuliers. Tout le monde a remarqué, dans le temps des frimas, que la neige se fond dans tous les endroits où les vapeurs de l'intérieur de la terre ont une libre issue, comme sur les puits, les aquéducs recouverts, les voûtes, les citernes, etc., tandis que sur tout le reste de l'espace où la terre resserrée par la gelée intercepte ces vapeurs, la neige subsiste et se gèle au lieu de fondre. Cela seul suffiroit pour démontrer que ces émanations de l'intérieur de la terre ont un degré de chaleur très réel et sensible. Mais il est inutile de vouloir accumuler ici de nouvelles preuves d'un fait constaté par l'expérience et par les observations; ils nous suffit qu'on ne puisse désormais le révoquer en doute, et qu'on reconnoisse cette chaleur intérieure de la terre comme un fait réel et général, duquel, comme des autres faits généraux de la nature, on doit déduire les effets particuliers.

Il en est de même du quatrième fait : on ne peut pas douter, d'après les preuves démonstratives que nous en avons données dans plusieurs articles de notre Théorie de la terre, que les matières dont le globe est composé ne soient de la nature du verre [1] : le fond des minéraux, des végétaux et des animaux,

[1] Cette vérité générale, que nous pouvons démontrer par l'expérience, a été soupçonnée par Leibnitz, philosophe dont le nom fera toujours grand honneur à l'Allemagne. « Sane plerisque creditum et à sacris etiam scripto-« ribus insinuatum est conditos in abdito telluris ignis thesauros... Adjuvant

n'est qu'une matière vitrescible; car tous leurs résidus, tous leurs détriments ultérieurs, peuvent se réduire en verre. Les matières que les chimistes ont appelées *réfractaires*, celles qu'ils regardent comme infusibles, parce qu'elles résistent au feu de leurs fourneaux sans se réduire en verre, peuvent néanmoins s'y réduire par l'action d'un feu plus violent. Ainsi toutes les matières qui composent le globe de la terre, du moins toutes celles qui nous sont connues, ont le verre pour base de leur substance; et nous pouvons, en leur faisant subir la grande action du feu, les réduire toutes ultérieurement à leur premier état [1].

La liquéfaction primitive de la masse entière de la terre par le feu est donc prouvée dans toute la rigueur qu'exige la plus stricte logique : d'abord *a priori*, par le premier fait de son élévation sur l'équateur et de son abaissement sous les pôles; 2° *ab actu*, par le second et le troisième fait de la chaleur intérieure de la terre encore subsistante; 3° *a posteriori*, par le quatrième fait, qui nous démontre le produit de cette ac-

« vultus, nam omnis ex fusione SCORIÆ VITRI est GENUS... Talem vero esse « globi nostri superficiem (neque enim ultra penetrare nobis datum) reipsà « experimur; omnes enim terræ et lapides igne vitrum reddunt... nobis satis « est admoto igne omnia terrestria in VITRO FINIRI. Ipsa magna telluris ossa « nudæque illæ rupes atque immortales silices cùm tota fere in vitrum abeant; « quid nisi concreta sunt ex fusis olim corporibus et prima illa magnaque vi « quam in facilem adhuc materiam exercuit ignis naturæ... cùm igitur omnia « quæ non avolent in auras, tandem fundantur, et, speculorum imprimis « urentium ope, vitri naturam sumant, hinc facile intelliges vitrum esse « velut TERRÆ BASIN, et naturam ejus cæterorum plerumque corporum « larvis latere. » (G. G. Leibnitii *Protogæa*; Goettingæ, 1749, pages 4 et 5.) (*Add. Buff.*)

[1] J'avoue qu'il y a quelques matières que le feu de nos fourneaux ne peut réduire en verre; mais au moyen d'un bon miroir ardent ces mêmes matières s'y réduiront : ce n'est point ici le lieu de rapporter les expériences faites avec les miroirs de mon invention, dont la chaleur est assez grande pour volatiliser ou vitrifier toutes les matières exposées à leur foyer. Mais il est vrai que jusqu'à ce jour l'on n'a pas encore eu des miroirs assez puissants pour réduire en verre certaines matières de genre vitrescible, telles que le cristal de roche, le *silex* ou la pierre à fusil; ce n'est donc pas que ces matières ne soient par leur nature réductibles en verre comme les autres, mais seulement qu'elles exigent un feu plus violent. (*Add. Buff.*)

tion du feu, c'est-à-dire le verre, dans toutes les substances terrestres.

Mais quoique les matières qui composent le globe de la terre aient été primitivement de la nature du verre, et qu'on puisse aussi les y réduire ultérieurement, on doit cependant les distinguer et les séparer relativement aux différents états où elles se trouvent avant ce retour à leur première nature, c'est-à-dire avant leur réduction en verre par le moyen du feu. Cette considération est d'autant plus nécessaire ici, que seule elle peut nous indiquer en quoi diffère la formation de ces matières : on doit donc les diviser d'abord en matières vitrescibles et en matières calcinables; les premières n'éprouvant aucune action de la part du feu, à moins qu'il ne soit porté à un degré de force capable de la convertir en verre; les autres, au contraire, éprouvant à un degré bien inférieur une action qui les réduit en chaux. La quantité de substances calcaires, quoique fort considérable sur la terre, est néanmoins très petite en comparaison de la quantité des matières vitrescibles. Le cinquième fait, que nous avons mis en avant, prouve que leur formation est aussi d'un autre temps et d'un autre élément; et l'on voit évidemment que toutes les matières qui n'ont pas été produites immédiatement par l'action du feu primitif ont été formées par l'intermède de l'eau, parce que toutes sont composées de coquilles et d'autres débris des productions de la mer. Nous mettons dans la classe des matières vitrescibles le roc vif, les quartz, les sables, les grès et granites, les ardoises, les schistes, les argiles, les métaux et minéraux métalliques : ces matières, prises ensemble, forment le vrai fonds du globe, et en composent la principale et très grande partie; toutes ont originairement été produites par le feu primitif. Le sable n'est que du verre en poudre; les argiles, des sables pourris dans l'eau; les ardoises et les schistes, des argiles desséchées et durcies; le roc vif, les grès, le granite, ne sont que des masses vitreuses ou des sables vitrescibles sous une forme concrète; les cailloux, les cristaux, les métaux, et la plupart des autres minéraux, ne sont que les

stillations, les exsudations, ou les sublimations de ces premières matières, qui toutes nous décèlent leur origine primitive et leur nature commune par leur aptitude à se réduire immédiatement en verre.

Mais les sables et graviers calcaires, les craies, la pierre de taille, le moellon, les marbres, les albâtres, les spaths calcaires, opaques et transparents, toutes les matières, en un mot, qui se convertissent en chaux, ne présentent pas d'abord leur première nature : quoique originairement de verre comme toutes les autres, ces matières calcaires ont passé par des filières qui les ont dénaturées; elles ont été formées dans l'eau; toutes sont entièrement composées de madrépores, de coquilles, et de détriments des dépouilles de ces animaux aquatiques qui seuls savent convertir le liquide en solide, et transformer l'eau de la mer en pierre [1]. Les marbres communs et les autres pierres calcaires sont composés de coquilles entières et de morceaux de coquilles, de madrépores, d'astroïtes, etc., dont toutes les parties sont encore évidentes ou très reconnoissables : les graviers ne sont que les débris des marbres et des pierres calcaires que l'action de l'air et des gelées détache des rochers, et l'on peut faire de la chaux avec ces graviers, comme l'on en fait avec le marbre ou la pierre; on peut en faire aussi avec les coquilles mêmes, et avec la craie et les tufs, lesquels ne sont encore que des débris, ou plutôt des détriments de ces mêmes matières. Les albâtres, et les marbres qu'on doit leur comparer lorsqu'ils contiennent de l'albâtre, peuvent être regardés comme de grandes stalactites qui se forment aux dépens des autres marbres et des pierres communes : les spaths calcaires se forment de même par l'exsudation ou la stillation dans les matières calcaires, comme le cristal de roche se forme dans les matières vitrescibles. Tout cela peut se prou-

[1] On peut se former une idée nette de cette conversion. L'eau de la mer tient en dissolution des particules de terre qui, combinées avec la matière animale, concourent à former les coquilles par le mécanisme de la digestion de ces animaux testacés; comme la soie est le produit du parenchyme des feuilles, combiné avec la matière animale du ver à soie.

ver par l'inspection de ces matières et par l'examen attentif des monuments de la nature.

PREMIERS MONUMENTS.

On trouve à la surface et à l'intérieur de la terre des coquilles et autres productions de la mer; et toutes les matières qu'on appelle *calcaires* sont composées de leurs détriments

SECONDS MONUMENTS.

En examinant ces coquilles et autres productions marines que l'on tire de la terre en France, en Angleterre, en Allemagne, et dans le reste de l'Europe, on reconnoît qu'une grande partie des espèces d'animaux auxquels ces dépouilles ont appartenu ne se trouvent pas dans les mers adjacentes, et que ces espèces ou ne subsistent plus, ou ne se trouvent que dans les mers méridionales : de même on voit dans les ardoises et dans d'autres matières, à de grandes profondeurs, des impressions de poissons et de plantes dont aucune espèce n'appartient à notre climat, et lesquelles n'existent plus, ou ne se trouvent subsistantes que dans les climats méridionaux.

TROISIÈMES MONUMENTS.

On trouve en Sibérie et dans les autres contrées septentrionales de l'Europe et de l'Asie des squelettes, des défenses, des ossements d'éléphant, d'hippopotame et de rhinocéros, en assez grande quantité pour être assuré que les espèces de ces animaux, qui ne peuvent se propager aujourd'hui que dans les terres du midi, existoient et se popageoient autrefois dans les terres du nord; et l'on a observé que ces dépouilles d'éléphant et d'autres animaux terrestres se présentent à une assez petite profondeur, au lieu que les coquilles et les autres débris des productions de la mer se trouvent enfouis à de plus grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre.

QUATRIÈMES MONUMENTS.

On trouve des défenses et des ossements d'éléphant, ainsi que des dents d'hippopotame, non-seulement dans les terres du nord de notre continent, mais aussi dans celles du nord de

l'Amérique, quoique les espèces de l'éléphant et de l'hippopotame n'existent point dans ce continent du Nouveau-Monde.

CINQUIÈMES MONUMENTS.

On trouve dans le milieu des continents, dans les lieux les plus éloignés des mers, un nombre infini de coquilles dont la plupart appartiennent aux animaux de ce genre actuellement existants dans les mers méridionales, et dont plusieurs autres n'ont aucun analogue vivant, en sorte que les espèces en paroissent perdues et détruites par des causes jusqu'à présent inconnues.

En comparant ces monuments avec les faits, on voit d'abord que le temps de la formation des matières vitrescibles est bien plus reculé que celui de la composition des substances calcaires; et il paroît qu'on peut déjà distinguer quatre et même cinq époques dans la plus grande profondeur des temps : la première, où la matière du globe étant en fusion par le feu, la terre a pris sa forme, et s'est élevée sur l'équateur et abaissée sous les pôles par son mouvement de rotation; la seconde, où cette matière du globe s'étant consolidée, a formé les grandes masses de matières vitrescibles; la troisième où la mer couvrant la terre actuellement habitée, a nourri les animaux à coquilles dont les dépouilles ont formé les substances calcaires; et la quatrième, où s'est faite la retraite de ces mêmes mers qui couvroient nos continents. Une cinquième époque, tout aussi clairement indiquée que les quatre premières, est celle du temps où les éléphants, les hippopotames et les autres animaux du midi, ont habité les terres du nord : cette époque est évidemment postérieure à la quatrième, puisque les dépouilles de ces animaux terrestres se trouvent presque à la surface de la terre, au lieu que celles des animaux marins sont, pour la plupart et dans les mêmes lieux, enfouies à de grandes profondeurs.

Quoi! dira-t-on, les éléphants et les autres animaux du midi ont autrefois habité les terres du nord? Ce fait, quelque

singulier, quelque extraordinaire qu'il puisse paroître; n'en est pas moins certain. On a trouvé et on trouve encore tous les jours en Sibérie, en Russie et dans les autres contrées septentrionales de l'Europe et de l'Asie, de l'ivoire en grande quantité; ces défenses d'éléphant se tirent à quelques pieds sous terre, ou se découvrent par les eaux lorsqu'elles font tomber les terres du bord des fleuves : on trouve ces ossements et défenses d'éléphant en tant de lieux différents et en si grand nombre, qu'on ne peut plus se borner à dire que ce sont les dépouilles de quelques éléphants amenés par les hommes dans ces climats froids; on est maintenant forcé, par les preuves réitérées, de convenir que ces animaux étoient autrefois habitants naturels des contrées du nord, comme ils le sont aujourd'hui des contrées du midi; et ce qui paroît encore rendre le fait plus merveilleux, c'est-à-dire plus difficile à expliquer c'est qu'on trouve ces dépouilles des animaux du midi de notre continent non-seulement dans les provinces de notre nord, mais aussi dans les terres du Canada et des autres parties de l'Amérique septentrionale. Nous avons au Cabinet du Roi plusieurs défenses et un grand nombre d'ossements d'éléphant trouvés en Sibérie; nous avons d'autres défenses et d'autres os d'éléphant qui ont été trouvés en France, et enfin nous avons des défenses d'éléphant et des dents d'hippopotame trouvées en Amérique dans les terres voisines de la rivière d'Ohio. Il est donc nécessaire que ces animaux, qui ne peuvent subsister et ne subsistent en effet aujourd'hui que dans les pays chauds, aient autrefois existé dans les climats du nord, et que par conséquent cette zone froide fût alors aussi chaude que l'est aujourd'hui notre zone torride; car il n'est pas possible que la forme constitutive, ou, si l'on veut, l'habitude réelle du corps des animaux, qui est ce qu'il y a de plus fixe dans la nature, ait pu changer au point de donner le tempérament du renne à l'éléphant, ni de supposer que jamais ces animaux du midi, qui ont besoin d'une grande chaleur pour subsister, eussent pu vivre et se multiplier dans les terres du nord, si la température du climat eût été aussi froide qu'elle l'est aujourd'hui.

M. Gmelin, qui a parcouru la Sibérie, et qui a ramassé lui-même plusieurs ossements d'éléphant dans ces terres septentrionales, cherche à rendre raison du fait en supposant que de grandes inondations survenues dans les terres méridionales ont chassé les éléphans vers les contrées du nord, où ils auront tous péri à la fois par la rigueur du climat. Mais cette cause supposée n'est pas proportionnelle à l'effet : on a peut-être déjà tiré du nord plus d'ivoire que tous les éléphants des Indes actuellement vivants n'en pourroient fournir; on en tirera bien davantage avec le temps, lorsque ces vastes déserts du nord, qui sont à peine reconnus, seront peuplés, et que les terres en seront remuées et fouillées par les mains de l'homme. D'ailleurs il seroit bien étrange que ces animaux eussent pris la route qui convenoit le moins à leur nature, puisque, en les supposant poussés par des inondations du midi, il leur restoit deux fuites naturelles vers l'orient et vers l'occident. Et pourquoi fuir jusqu'au soixantième degré du nord, lorsqu'ils pouvoient s'arrêter en chemin, ou s'écarter à côté, dans des terres plus heureuses? Et comment concevoir que, par une inondation des mers méridionales, il aient été chassés à mille lieues dans notre continent et à plus de trois mille lieues dans l'autre? Il est impossible qu'un débordement de la mer des grandes Indes ait envoyé des éléphants en Canada ni même en Sibérie, et il est également impossible qu'ils y soient arrivés en nombre aussi grand que l'indiquent leurs dépouilles.

Étant peu satisfait de cette explication, j'ai pensé qu'on pouvoit en donner une autre plus plausible et qui s'accorde parfaitement avec ma théorie de la terre. Mais, avant de la présenter, j'observerai, pour prévenir toutes difficultés, 1° que l'ivoire qu'on trouve en Sibérie et en Canada est certainement de l'ivoire d'éléphant, et non pas de l'ivoire de morse ou vache marine, comme quelques voyageurs l'ont prétendu : on trouve aussi dans les terres septentrionales de l'ivoire fossile de morse; mais il est différent de celui de l'éléphant, et il est facile de les distinguer par la comparaison de leur texture intérieure. Les défenses, les dents mâchelières, les omoplates,

les fémurs et les autres ossements trouvés dans les terres du nord, sont certainement des os d'éléphant; nous les avons comparés aux différentes parties respectives du squelette entier de l'éléphant, et l'on ne peut douter de leur identité d'espèce. Les grosses dents carrées trouvées dans ces mêmes terres du nord, dont la face qui broie est en forme de trèfle, ont tous les caractères des dents molaires de l'hippopotame; et ces autres énormes dents dont la face qui broie est composée de grosses pointes mousses ont appartenu à une espèce détruite aujourd'hui sur la terre, comme les grandes volutes appelées *cornes d'Ammon* sont actuellement détruites dans la mer.

2° Les os et les défenses de ces anciens éléphants sont au moins aussi grands et aussi gros que ceux des éléphants actuels [1] auxquels nous les avons comparés; ce qui prouve que

[1] On peut s'en assurer par les descriptions et les dimensions qu'en a données M. Daubenton; mais, depuis ce temps, on m'a envoyé une défense entière et quelques autres morceaux d'ivoire fossile dont les dimensions excèdent de beaucoup la longueur et la grosseur ordinaire des défenses de l'éléphant : j'ai même fait chercher chez tous les marchands de Paris qui vendent de l'ivoire, on n'a trouvé aucune défense comparable à celle-ci, et il ne s'en est trouvé qu'une seule, sur un très grand nombre, égale à celles qui nous sont venues de Sibérie, dont la circonférence est de 19 pouces à la base. Les marchands appellent *ivoire cru* celui qui n'a pas été dans la terre, et que l'on prend sur les éléphants vivants, ou qu'on trouve dans les forêts avec les squelettes récents de ces animaux; et ils donnent le nom d'*ivoire cuit* à celui qu'on tire de la terre, et dont la qualité se dénature plus ou moins par un plus ou moins long séjour, ou par la qualité plus ou moins active des terres où il a été renfermé. La plupart des défenses qui nous sont venues du nord sont encore d'un ivoire très solide, dont on pourroit faire de beaux ouvrages : les plus grosses nous ont été envoyées par M. de l'Isle, astronome, de l'Académie royale des Sciences; il les a recueillies dans son voyage en Sibérie. Il n'y avoit dans tous les magasins de Paris qu'une seule défense d'ivoire cru qui eût 19 pouces de circonférence; toutes les autres étoient plus menues : cette grosse défense avoit 6 pieds 1 pouce de longueur, et il paroît que celles qui sont au Cabinet du Roi, et qui ont été trouvées en Sibérie, avoient plus de 6 pieds ½ lorsqu'elles étoient entières; mais, comme les extrémités en sont tronquées, on ne peut en juger qu'à peu près.

Et si l'on compare les os fémurs trouvés de même dans les terres du nord on s'assurera qu'ils sont au moins aussi longs et considérablement plus épais que ceux des éléphants actuels.

Au reste, nous avons, comme je l'ai dit, comparé exactement les os et les défenses qui nous sont venus de Sibérie aux os et aux défenses d'un squelette d'éléphant, et nous avons reconnu évidemment que tous ces ossements

ces animaux n'habitoient pas les terres du nord par force, mais qu'ils y existoient dans leur état de nature et de pleine liberté, puisqu'ils y avoient acquis leurs plus hautes dimensions et pris leur entier accroissement. Ainsi l'on ne peut pas supposer qu'ils y aient été transportés par les hommes; le seul état de captivité, indépendamment de la rigueur du climat, les auroit réduits au quart ou au tiers de la grandeur que nous montrent leurs dépouilles [1].

3° La grande quantité que l'on en a déjà trouvée par hasard dans ces terres presque désertes où personne ne cherche suffit pour démontrer que ce n'est ni par un seul ou plusieurs ac-

sont des dépouilles de ces animaux. Les défenses venues de Sibérie ont non-seulement la figure, mais aussi la vraie structure de l'ivoire de l'éléphant, dont M. Daubenton donne la description dans les termes suivants :

« Lorsqu'une défense d'éléphant est coupée transversalement, on voit au centre, ou à peu près au centre, un point noir qui est appelé *le cœur;* mais si la défense a été coupée à l'endroit de sa cavité, il n'y a au centre qu'un trou rond et ovale : on aperçoit les lignes courbes qui s'étendent en sens contraire, depuis le centre à la circonférence, et qui se croisant forment de petits losanges; il y a ordinairement à la circonférence une bande étroite et circulaire : les lignes courbes se ramifient à mesure qu'elles s'éloignent du centre; et le nombre de ces lignes est d'autant plus grand, qu'elles approchent plus de la circonférence : ainsi la grandeur des losanges est presque partout à peu près la même. Leurs côtés, ou au moins leurs angles, ont une couleur plus vive que l'aire, sans doute parce que leur substance est plus compacte : la bande de la circonférence est quelquefois composée de fibres droites et transversales, qui aboutiroient au centre si elles étoient prolongées, c'est l'apparence de ces lignes et de ces points que l'on regarde comme le grain de l'ivoire : on l'aperçoit dans tous les ivoires, mais il est plus ou moins sensible dans les différentes défenses; et parmi les ivoires dont le grain est assez apparent pour qu'on leur donne le nom d'*ivoire grenu*, il y en a que l'on appelle *ivoire à gros grains*, pour le distinguer de l'ivoire dont le grain est fin. » Voyez, dans cette Histoire naturelle, l'article de l'*Éléphant* et les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1762. (*Add. Buff.*)

[1] Cela nous est démontré par la comparaison que nous avons faite du squelette entier d'un éléphant qui est au Cabinet du Roi, et qui avoit vécu seize ans dans la ménagerie de Versailles, avec les défenses des autres éléphants dans leurs pays natal; ce squelette et ces défenses, quoique considérables par la grandeur, sont certainement de moitié plus petits pour le volume que ne le sont les défenses et les squelettes de ceux qui vivent en liberté, soit dans l'Asie, soit en Afrique, et en même temps ils sont au moins de deux tiers plus petits que les ossements de ces mêmes animaux trouvés en Sibérie. (*Add. Buff.*)

cidents ni dans un seul et même temps que quelques individus de cette espèce se sont trouvés dans ces contrées du nord, mais qu'il est de nécessité absolue que l'espèce même y ait autrefois existé, subsisté et multiplié, comme elle existe, subsiste et se multiplie aujourd'hui dans les contrées du midi.

Cela posé, il me semble que la question se réduit à savoir, ou plutôt consiste à chercher s'il y a eu une cause qui ait pu changer la température dans les différentes parties du globe, au point que les terres du nord, aujourd'hui très froides, aient autrefois éprouvé le degré de chaleur des terres du midi.

Quelques physiciens pourroient penser que cet effet a été produit par le changement de l'obliquité de l'écliptique, parce qu'à la première vue ce changement semble indiquer que l'inclinaison de l'axe du globe n'étant pas constant, la terre a pu tourner autrefois sur un axe assez éloigné de celui sur lequel elle tourne aujourd'hui, pour que la Sibérie se fût alors trouvée sous l'équateur. Les astronomes ont observé que le changement de l'obliquité de l'écliptique est d'environ 45 secondes par siècle : donc, en supposant cette augmentation successive et constante, il ne faut que soixante siècles pour produire une différence de 45 minutes, et trois mille six cents siècles pour donner celle de 45 degrés ; ce qui ramèneroit le 60e degré de latitude au 15e, c'est-à-dire les terres de la Sibérie, où les éléphants ont autrefois existé, aux terres de l'Inde où ils vivent aujourd'hui. Or il ne s'agit, dira-t-on, que d'admettre dans le passé cette longue période de temps pour rendre raison du séjour des éléphants en Sibérie : il y a trois cents soixante mille ans que la terre tournoit sur un axe éloigné de 45 degrés de celui sur lequel elle tourne aujourd'hui ; le 15e degré de latitude actuelle étoit alors le 60e, etc.

A cela je réponds que cette idée et le moyen d'explication qui en résulte ne peuvent pas se soutenir lorsqu'on vient à les examiner : le changement de l'obliquité de l'écliptique n'est pas une diminution ou une augmentation successive et constante ; ce n'est au contraire qu'une variation limitée, et qui

se fait tantôt en un sens et tantôt en un autre, laquelle par conséquent n'a jamais pu produire en aucun sens ni pour aucun climat cette différence de 45 degrés d'inclinaison; car la variation de l'obliquité de l'axe de la terre est causée par l'action des planètes, qui dépassent l'écliptique sans affecter l'équateur. En prenant la plus puissante de ces attractions, qui est celle de Vénus, il faudroit douze cent soixante mille ans pour qu'elle pût faire changer de 180 degrés la situation de l'écliptique sur l'orbite de Vénus, et par conséquent produire un changement de 6 degrés 47 minutes dans l'obliquité réelle de l'axe de la terre, puisque 6 degrés 47 minutes sont le double de l'inclinaison de l'orbite de Vénus. De même l'action de Jupiter ne peut, dans un espace de neuf cent trente-six mille ans, changer l'obliquité de l'écliptique que de 2 degrés 38 minutes, et encore cet effet est-il en partie compensé par le précédent; en sorte qu'il n'est pas possible que ce changement de l'obliquité de l'axe de la terre aille jamais à 6 degrés, à moins de supposer que toutes les orbites des planètes changeront elles-mêmes, supposition que nous ne pouvons ni ne devons admettre, puisqu'il n'y a aucune cause qui puisse produire cet effet. Et comme on ne peut juger du passé que par l'inspection du présent et par la vue de l'avenir, il n'est pas possible, quelque loin qu'on veuille reculer les limites du temps, de supposer que la variation de l'écliptique ait jamais pu produire une différence de plus de 6 degrés dans les climats de la terre : ainsi cette cause est tout-à-fait insuffisante, et l'explication qu'on voudroit en tirer doit être rejetée.

Mais je puis donner cette explication si difficile, et la déduire d'une cause immédiate. Nous venons de voir que le globe terrestre, lorsqu'il a pris sa forme, étoit dans un état de fluidité; et il est démontré que l'eau n'ayant pu produire la dissolution des matières terrestres, cette fluidité étoit une liquéfaction causée par le feu. Or, pour passer de ce premier état d'embrasement et de liquéfaction à celui d'une chaleur douce et tempérée, il a fallu du temps : le globe n'a pu se refroidir tout à coup au point où il est aujourd'hui. Ainsi, dans les pre-

miers temps après sa formation, la chaleur propre de la terre étoit infiniment plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, puisqu'elle est encore beaucoup plus grande aujourd'hui; ensuite, ce grand feu s'étant dissipé peu à peu, le climat du pôle a éprouvé, comme tous les autres climats, des degrés successifs de moindre chaleur et de refroidissement. Il y a donc eu un temps et même une longue suite de temps pendant laquelle les terres du nord, après avoir brûlé comme toutes les autres, ont joui de la même chaleur dont jouissent aujourd'hui les terres du midi : par conséquent ces terres septentrionales ont pu et dû être habitées par les animaux qui habitent actuellement les terres méridionales, et auxquels cette chaleur est nécessaire. Dès-lors le fait, loin d'être extraordinaire, se lie parfaitement avec les autres faits, et n'en est qu'une simple conséquence. Au lieu de s'opposer à la théorie de la terre que nous avons établie, ce même fait en devient au contraire une preuve accessoire qui ne peut que la confirmer dans le point le plus obscur, c'est-à-dire lorsqu'on commence à tomber dans cette profondeur du temps où la lumière du génie semble s'éteindre, et où, faute d'observations, elle paroît ne pouvoir nous guider pour aller plus loin.

Une sixième époque, postérieure aux cinq autres, est celle de la séparation des deux continents. Il est sûr qu'ils n'étoient pas séparés dans les temps que les éléphants vivoient également dans les terres du nord de l'Amérique, de l'Europe et de l'Asie : je dis également, car on trouve de même leurs ossements en Sibérie, en Russie et au Canada. La séparation des continents ne s'est donc faite que dans des temps postérieurs à ceux du séjour de ces animaux dans les terres septentrionales : mais comme l'on trouve aussi des défenses d'éléphant en Pologne, en Allemagne, en France, en Italie[1], on doit en con-

[1] Indépendamment de tous les morceaux qui nous ont été envoyés de Russie et de Sibérie, et que nous conservons au Cabinet du Roi, il y en a plusieurs autres dans les cabinets des particuliers de Paris; il y en a un grand nombre dans le Muséum de Pétersbourg, comme on peut le voir dans le catalogue

clure qu'à mesure que les terres septentrionales se refroidissoient, ces animaux se retiroient vers les contrées des zones tempérées où la chaleur du soleil et la plus grande épaisseur du globe compensoient la perte de la chaleur intérieure de la terre; et qu'enfin ces zones s'étant aussi trop refroidies avec

qui en a été imprimé dès l'année 1742; il y en a de même dans le Muséum de Londres, dans celui de Copenhague, et dans quelques autres collections, en Angleterre, en Allemagne, en Italie; on a même fait plusieurs ouvrages de tour avec cet ivoire trouvé dans les terres du nord; ainsi l'on ne peut douter de la grande quantité de ces dépouilles d'éléphant en Sibérie et en Russie.

M. Pallas, savant naturaliste, a trouvé dans son voyage en Sibérie, ces années dernières, une grande quantité d'ossements d'éléphant, et un squelette entier de rhinocéros, qui n'étoit enfoui qu'à quelques pieds de profondeur.

« On vient de découvrir des os monstrueux d'éléphant à Swijatoki, à dix-sept verstes de Pétersbourg; on les a tirés d'un terrain inondé depuis long-temps. On ne peut donc plus douter de la prodigieuse révolution qui a changé le climat, les productions et les animaux de toutes les contrées de la terre. Ces médailles naturelles prouvent que les pays dévastés aujourd'hui par la rigueur du froid ont eu autrefois tous les avantages du midi. » (*Journal de politique et de littérature*, 5 janvier 1776; article de *Pétersbourg*.)

La découverte des squelettes et des défenses d'éléphants dans le Canada est assez récente, et j'en ai été informé des premiers par une lettre de feu M. Collinson, membre de la Société royale de Londres; voici la traduction de cette lettre :

« M. Georges Croghan nous a assuré que, dans le cours de ses voyages en 1765 et 1766, dans les contrées voisines de la rivière d'Ohio, environ à 4 milles sud-est de cette rivière, éloignée de 640 milles du fort de Quesne (que nous appelons maintenant *Pitsburgh*), il a vu, aux environs d'un grand marais salé, où les animaux sauvages s'assemblent en certain temps de l'année, de grands os et de grosses dents, et qu'ayant examiné cette place avec soin, il a découvert, sur un banc élevé du côté du marais, un nombre prodigieux d'os de très grands animaux, et que par la longueur et la forme de ces os et de ces défenses on doit conclure que ce sont des os d'éléphants.

« Mais les grosses dents que je vous envoie, monsieur, ont été trouvées avec ces défenses; d'autres encore plus grandes que celles-ci paroissent indiquer et même démontrer qu'elles n'appartiennent pas à des éléphants. Comment concilier ce paradoxe? Ne pourroit-on pas supposer qu'il a existé autrefois un grand animal qui avoit les défenses de l'éléphant et les mâchoires de l'hippopotame? car ces grosses dents mâchelières sont très différentes de celles de l'éléphant. M. Croghan pense, d'après la grande quantité de ces différentes sortes de dents, c'est-à-dire des défenses et des dents molaires qu'il a observées dans cet endroit, qu'il y avoit au moins trente de ces animaux. Cependant les éléphants n'étoient point connus en Amérique, et probablement ils n'ont pu y être apportés d'Asie : l'impossibilité qu'ils ont à vivre dans ces contrées, à cause de la rigueur des hivers, et où cependant on trouve

le temps, ils ont successivement gagné les climats de la zone torride, qui sont ceux où la chaleur intérieure s'est conservée le plus long-temps par la plus grande épaisseur du sphéroïde de la terre, et les seuls où cette chaleur, réunie avec celle du

une si grande quantité de leurs os, fait encore un paradoxe que votre éminente sagacité doit déterminer.

« M. Croghan a envoyé à Londres, au mois de février 1767, les os et les dents qu'il avoit rassemblés dans les années 1765 et 1766 :

« A mylord Shelburne, 1° deux grandes défenses, dont une étoit bien entière et avoit près de 7 pieds de long (6 pieds 7 pouces de France); l'épaisseur étoit comme celle d'une défense ordinaire d'un éléphant qui auroit cette longueur.

« 2° Une mâchoire avec deux dents mâchelières qui y tenoient, et outre cela plusieurs très grosses dents mâchelières séparées.

« Au docteur Franklin, 1° trois dents d'éléphant, dont une, d'environ 6 pieds de long, étoit cassée par la moitié, gâtée ou rongée au centre, et semblable à de la craie; les autres étoient très saines, le bout de l'une des deux étoit aiguisé en pointe et d'un très bel ivoire.

« 2° Une petite défense d'environ 3 pieds de long, grosse comme le bras, avec les alvéoles qui reçoivent les muscles et les tendons, qui étoient d'une couleur marron luisante, laquelle avoit l'air aussi frais que si on venoit de les tirer de la tête de l'animal.

« 3° Quatre mâchelières, dont l'une des plus grandes avoit plus de largeur et un rang de pointes de plus que celles que je vous ai envoyées. Vous pouvez être assuré que toutes celles qui ont été envoyées à mylord Shelburne et à M. Franklin étoient de la même forme et avoient le même émail que celles que je mets sous vos yeux.

« Le docteur Franklin a dîné dernièrement avec un officier qui a rapporté de cette même place, voisine de la rivière d'Ohio, une défense plus blanche, plus luisante, plus unie que toutes les autres, et une mâchelière encore plus luisante, plus unie que toutes les autres, et une mâchelière encore plus grande que toutes celles dont je viens de faire mention. » (Lettre de M. Collinson à M. de Buffon, datée Mill-hill, près de Londres, le 3 juillet 1767.)

Extrait du Journal du voyage de CROGHAN *fait sur la rivière d'Ohio, et envoyé à M. Franklin au mois de mai* 1765.

« Nous avons passé la grande rivière de Miame, et, le soir, nous sommes arrivés à l'endroit où l'on a trouvé des os d'éléphants; il peut y avoir 640 milles de distance du fort Pitt. Dans la matinée, j'allai voir la grande place marécageuse où les animaux sauvages se rendent dans de certains temps de l'année; nous arrivâmes à cet endroit par une route battue par les bœufs sauvages (*bisons*), éloigné d'environ 4 milles au sud-est du fleuve Ohio. Nous vîmes de nos yeux qu'il se trouve dans ces lieux une grande quantité d'ossements, les uns épars, les autres enterrés à cinq ou six pieds sous terre, que nous vîmes dans l'épaisseur du banc de terre qui borde cette espèce de route. Nous trouvâmes là les deux défenses de 6 pieds de longueur, que nous transportâmes à notre bord, avec d'autres os et des dents; et, l'année sui-

soleil, soit encore assez forte aujourd'hui pour maintenir leur nature et soutenir leur propagation.

De même on trouve en France et dans toutes les autres parties de l'Europe, des coquilles, des squelettes et des vertèbres d'animaux marins qui ne peuvent subsister que dans les mers les

vante, nous retournâmes au même endroit prendre encore un plus grand nombre d'autres défenses et d'autres dents.

« Si M. de Buffon avoit des doutes et des questions à faire sur cela, je le prie, dit M. Collinson, de me les envoyer; je ferois passer sa lettre à M. Croghan, homme très honnête et éclairé, qui seroit charmé de satisfaire à ses questions. »

Ce petit mémoire étoit joint à la lettre que je viens de citer, et à laquelle je vais ajouter l'extrait de ce que M. Collinson m'avoit écrit auparavant au sujet de ces mêmes ossements trouvés en Amérique.

« Il y avoit à environ un mille et demi de la rivière d'Ohio six squelettes monstrueux enterrés debout, portant des défenses de 5 à 6 pieds de long, qui étoient de la forme et de la substance des défenses d'éléphants; elles avoient 30 pouces de circonférence à la racine; elles alloient en s'amincissant jusqu'à la pointe : mais on ne peut pas bien connoître comment elles étoient jointes à la mâchoire, parce qu'elles étoient brisées en pièces. Un fémur de ces mêmes animaux fut trouvé bien entier; il pesoit cent livres, et avoit 4 pieds ½ de long. Ces défenses et ces os de la cuisse font voir que l'animal étoit d'une prodigieuse grandeur. Ces faits ont été confirmés par M. Greenwood, qui, ayant été sur les lieux, a vu les six squelettes dans le marais salé : il a de plus trouvé, dans le même lieu, de grosses dents mâchelières qui ne paroissent pas appartenir à l'éléphant, mais plutôt à l'hippopotame; et il a rapporté quelques-unes de ces dents à Londres, deux entre autres qui pesoient ensemble 9 livres ¼. Il dit que l'os de la mâchoire avoit près de 3 pieds de longueur et qu'il étoit trop lourd pour être porté par deux hommes : il avoit mesuré l'intervalle entre l'orbite des deux yeux, qui étoit de 18 pouces. Une Angloise, faite prisonnière par les sauvages et conduite à ce marais salé, pour leur apprendre à faire du sel en faisant évaporer l'eau, a déclaré se souvenir, par une circonstance singulière, d'avoir vu ces ossements énormes; elle racontoit que trois François qui cassoient des noix étoient tous trois assis sur un seul de ces grands os de la cuisse. »

Quelque temps après m'avoir écrit ces lettres, M. Collinson lut à la Société royale de Londres deux petits mémoires sur ce même sujet, et dans lesquels j'ai trouvé quelques faits de plus que je vais rapporter, en y joignant un mot d'explication sur les choses qui en ont besoin.

« Le marais salé où l'on a trouvé des os d'éléphant n'est qu'à 4 milles de distance des bords de la rivière d'Ohio; mais il est éloigné de plus de 700 milles de la plus prochaine côte de la mer. Il y avoit un chemin frayé par les bœufs sauvages (*bisons*), assez large pour deux chariots de front, qui menoit droit à la place de ce grand marais salé, où ces animaux se rendent, aussi bien que toutes les espèces de cerfs et de chevreuils, dans une certaine saison de l'année, pour lécher la terre et boire de l'eau salée... Les ossements d'élé-

plus méridionales. Il est donc arrivé, pour les climats de la mer, le même changement de température que pour ceux de la terre; et ce second fait, s'expliquant, comme le premier, par la même cause, paroît confirmer le tout au point de la démonstration.

phants se trouvent sous une espèce de levée, ou plutôt sous la rive qui entoure et surmonte le marais à 5 ou 6 pieds de hauteur; on y voit un très grand nombre d'os et de dents qui ont appartenu à quelques animaux d'une grosseur prodigieuse; il y a des défenses qui ont près de 7 pieds de longueur, et qui sont d'un très bel ivoire: on ne peut donc guère douter qu'elles n'aient appartenu à des éléphants. Mais ce qu'il y a de singulier, c'est que jusqu'ici l'on n'a trouvé parmi ces défenses aucune dent molaire ou mâchelière d'éléphant, mais seulement un grand nombre de grosses dents, dont chacune porte cinq ou six pointes mousses; lesquelles ne peuvent avoir appartenu qu'à quelque animal d'une énorme grandeur; et ces grosses dents carrées n'ont point de ressemblance aux mâchelières de l'éléphant, qui sont aplaties et quatre ou cinq fois aussi larges qu'épaisses; en sorte que ces grosses dents molaires ne ressemblent aux dents d'aucun animal connu. »

Ce que dit ici M. Collinson est très vrai : ces grosses dents molaires diffèrent absolument des dents mâchelières de l'éléphant, et en les comparant à celles de l'hippopotame, auxquelles ces grosses dents ressemblent par leur forme carrée, on verra qu'elles en diffèrent aussi par leur grosseur, étant deux, trois et quatre fois plus volumineuses que les grosses dents des anciens hippopotames trouvées de même en Sibérie et au Canada, quoique ces dents soient elles-mêmes trois ou quatre fois plus grosses que celles des hippopotames actuellement existants. Toutes les dents que j'ai observées dans quatre têtes de ces animaux qui sont au Cabinet du Roi ont la face qui broie creusée en forme de trèfle, et celles qui ont été trouvées au Canada et en Sibérie ont ce même caractère, et n'en diffèrent que par la grandeur; mais ces énormes dents à grosses pointes mousses diffèrent de celles de l'hippopotame creusées en trèfle, ont toujours quatre et quelquefois cinq rangs, au lieu que les plus grosses dents de l'hippopotame n'en ont que trois, comme on peut le voir en comparant les figures 4, 5 et 6, avec celles des figures 7 et 8, planche I. Il paroît donc certain que ces grosses dents n'ont jamais appartenu à l'éléphant ni à l'hippopotame : la différence de grandeur, quoique énorme, ne m'empêcheroit pas de les regarder comme appartenant à cette dernière espèce, si tous les caractères de la forme étoient semblables, puisque nous connoissons, comme je viens de le dire, d'autres dents carrées, trois ou quatre fois plus grosses que celles de nos hippopotames actuels, et qui néanmoins ayant les mêmes caractères pour la forme, et particulièrement les creux en trèfle sur la face qui broie, sont certainement des dents d'hippopotames trois fois plus grands que ceux dont nous avons les têtes; et c'est de ces grosses dents, figure 7, qui sont vraiment des dents d'hippopotames, que j'ai parlé lorsque j'ai dit qu'il s'en trouvoit également dans les deux continents, aussi bien que des défenses d'éléphants : mais ce qu'il y a de très remarquable, c'est que non-seulement on a trouvé de vraies défenses d'éléphants et de vraies dents de

Fig. 1.



Fig. 2.

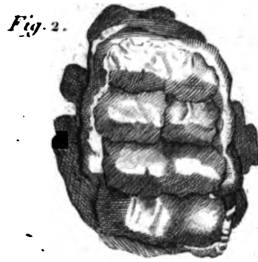


Fig. 4.



Fig. 5.

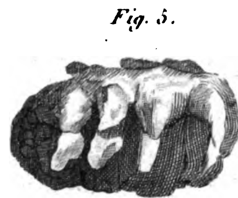


Fig. 6.

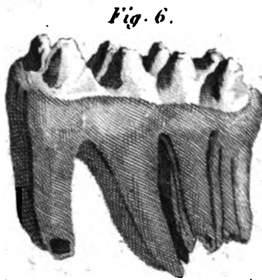




Fig. 7.





Fig. 8.



Couché fils dir.

Lorsque l'on compare ces anciens monuments du premier âge de la nature vivante avec ses productions actuelles, on voit évidemment que la forme constitutive de chaque animal s'est conservée la même et sans altération dans ses principales parties : le type de chaque espèce n'a point changé; le moule

gros hippopotames en Sibérie et au Canada, mais qu'on y a trouvé de même ces dents beaucoup plus énormes à grosses pointes mousses et à quatre rangs; je crois donc pouvoir prononcer avec fondement que cette très grande espèce d'animal est perdue*.

M. le comte de Vergennes, ministre et secrétaire d'État, a eu la bonté de me donner, en 1770, la plus grosse de toutes ces dents, laquelle est représentée planche I, fig. 1 et 2; elle pèse 11 livres 4 onces. Cette énorme dent molaire a été trouvée dans la petite Tartarie, en faisant un fossé. Il y avoit d'autres os qu'on n'a pas recueillis, et, entre autres, un os fémur dont il ne restoit que la moitié bien entière, et la cavité de cette moitié contenoit quinze pintes de Paris. M. l'abbé Chappe, de l'Académie des Sciences, nous a rapporté de Sibérie une autre dent toute pareille, mais moins grosse, et qui ne pèse que 3 livres 12 onces ½, fig. 4 et 5. Enfin la plus grosse de celles que M. Collinson m'avoit envoyées, et qui est représentée fig. 6, a été trouvée, avec plusieurs autres semblables, en Amérique, près de la rivière d'Ohio; et d'autres qui nous sont venues de Canada leur ressemblent parfaitement. L'on ne peut donc pas douter qu'indépendamment de l'éléphant et de l'hippopotame, dont on trouve également les dépouilles dans les deux continents, il n'y eût encore un autre animal commun aux deux continents, d'une grandeur supérieure à celle même des plus grands éléphants; car la forme carrée de ces énormes dents mâchelières prouve qu'elles étoient en nombre dans la mâchoire de l'animal; et quand on n'y en supposeroit que six ou même quatre de chaque côté, on peut juger de l'énormité d'une tête qui auroit au moins seize dents mâchelières, pesant chacune dix ou onze livres. L'éléphant n'en a que quatre, deux de chaque côté; elles sont aplaties, elles occupent tout l'espace de la mâchoire; et ces deux dents molaires de l'éléphant fort aplaties ne surpassent que de deux pouces la largeur de la plus grosse dent carrée de l'animal inconnu, qui est du double plus épaisse que celle de l'éléphant. Ainsi tout nous porte à croire que cette ancienne espèce, qu'on doit regarder comme la première et la plus grande de tous les animaux terrestres, n'a subsisté que dans les premiers temps, et n'est pas parvenue jusqu'à nous; car un animal dont l'espèce seroit plus grande que celle de l'éléphant ne pourroit se cacher nulle part sur la terre au point de demeurer inconnu; et d'ailleurs il est évident par la forme même de ces dents, par leur émail, et par la disposition de leurs racines, qu'elles n'ont aucun rapport aux dents des cachalots ou autres cétacés, et qu'elles ont réellement appartenu à un animal terrestre dont l'espèce étoit plus voisine de celle de l'hippopotame que d'aucun autre.

Dans la suite du Mémoire que j'ai cité ci-dessus, M. Collinson dit que plusieurs personnes de la Société royale connoissent, aussi bien que lui, les dé-

* Cet animal antédiluvien a été nommé *Mastodonte* par M. Cuvier (A. R.)

intérieur a conservé sa forme et n'a point varié. Quelque longue qu'on voulût imaginer la succession des temps, quelque nombre de générations qu'on admette ou qu'on suppose, les individus de chaque genre représentent aujourd'hui les formes de ceux des premiers siècles, surtout dans les espèces majeures, dont

fenses d'éléphants que l'on trouve tous les ans en Sibérie sur les bords du fleuve Obi et des autres rivières de cette contrée. Quel système établira-t-on, ajoute-t-il, avec quelque degré de probabilité pour rendre raison de ces dépôts d'ossements d'éléphants en Sibérie et en Amérique? Il finit par donner l'énumération, les dimensions et le poids de toutes ces dents trouvées dans le marais salé de la rivière d'Ohio, dont la plus grosse dent carrée appartenoit au capitaine Ourry, et pesoit 6 livres ½.

Dans le second petit Mémoire de M. Collinson, lu à la Société royale de Londres, le 10 décembre 1767, il dit que, s'étant aperçu qu'une des défenses trouvées dans le marais salé avoit des stries près du gros bout, il avoit eu quelques doutes si ces stries étoient particuliers ou non à l'espèce de l'éléphant; que, pour se satisfaire, il alla visiter le magasin d'un marchand qui fait commerce de dents de toute espèce, et qu'après les avoir bien examinées, il trouva qu'il y avoit autant de défenses striées au gros bout que d'unies, et que par conséquent il ne faisoit plus aucune difficulté de prononcer que ces défenses trouvées en Amérique ne fussent semblables, à tous égards, aux défenses des éléphants d'Afrique et d'Asie : mais, comme les grosses dents carrées trouvées dans le même lieu n'ont aucun rapport avec les dents molaires de l'éléphant, il pense que ce sont les restes de quelque animal énorme qui avoit les défenses de l'éléphant avec des dents molaires particulières à son espèce, laquelle est d'une grandeur et d'une forme différente de celle d'aucun animal connu. Voyez les *Transactions philosophiques* de l'année 1767.

Dès l'année 1748, M. Fabri, qui avoit fait de grandes courses dans le nord de la Louisiane et dans le sud du Canada, m'avoit informé qu'il avoit vu des têtes et des squelettes d'un animal quadrupède d'une grandeur énorme, que les Sauvages appeloient le *père-aux-bœufs*, et que les os fémurs de ces animaux avoient 5 et jusqu'à six pieds de hauteur. Peu de temps après, et avant l'année 1767, quelques personnes à Paris avoient déjà reçu quelques-unes des grosses dents de l'animal inconnu, d'autres d'hippopotames, et aussi des ossements d'éléphants trouvés en Canada : le nombre en est trop considérable pour qu'on puisse douter que ces animaux n'aient pas autrefois existé dans les terres septentrionales de l'Amérique, comme dans celles de l'Asie et de l'Europe.

Mais les éléphants ont aussi existé dans toutes les contrées tempérées de notre continent; j'ai fait mention des défenses trouvées en Languedoc près de Simore, et de celles trouvées à Cominges en Gascogne; je dois y ajouter la plus belle et la plus grande de toutes, qui nous a été donnée en dernier lieu pour le Cabinet du Roi, par M. le duc de La Rochefoucauld, dont le zèle pour le progrès des sciences est fondé sur les grandes connoissances qu'il a acquises dans tous les genres. Il a trouvé ce beau morceau en visitant, avec M. Desmarest, de l'Académie des Sciences, les campagnes aux environs de Rome.

l'empreinte est plus ferme et la nature plus fixe; car les espèces inférieures ont, comme nous l'avons dit, éprouvé d'une manière sensible tous les effets des différentes causes de dégénération : seulement il est à remarquer, au sujet de ces espèces majeures, telles que l'éléphant et l'hippopotame, qu'en comparant leurs dépouilles antiques avec celles de notre temps, on voit qu'en général ces animaux étoient alors plus grands qu'ils ne le sont aujourd'hui; la nature étoit dans sa première vi-

Cette défense étoit divisée en cinq fragments, que M. le duc de La Rochefoucauld fit recueillir : l'un de ces fragments fut soustrait par le crocheteur qui en étoit chargé, et il n'en est resté que quatre, lesquels ont environ 8 pouces de diamètre; en les rapprochant, ils forment une longeur de 7 pieds; et nous savons, par M. Desmarest, que le cinquième fragment, qui a été perdu, avoit près de trois pieds : ainsi l'on peut assurer que la défense entière devoit avoir environ 10 pieds de longueur. En examinant les cassures, nous y avons reconnu tous les caractères de l'ivoire de l'éléphant : seulement cet ivoire, altéré par un long séjour dans la terre, est devenu léger et friable comme les autres ivoires fossiles.

M. Tozzetti, savant naturaliste d'Italie, rapporte qu'on a trouvé, dans les vallées de l'Arno, des os d'éléphants et d'autres animaux terrestres en grande quantité, et épars çà et là dans les couches de la terre, et il dit qu'on peut conjecturer que les éléphants étoient anciennement des animaux indigènes à l'Europe, et surtout à la Toscane. (Extrait d'une lettre du docteur Tozzetti *Journal étranger*, mois de décembre 1755.)

« On trouve, dit M. Coltellini, vers la fin du mois de novembre 1759, dans un bien de campagne appartenant au marquis de Petrella, et situé à Fusigliano dans le territoire de Cortone, un morceau d'os d'éléphant incrusté, en grande partie, d'une matière pierreuse.... Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on a trouvé de pareils os fossiles dans nos environs.

« Dans le cabinet de M. Galeotto Corrazzi, il y a un autre grand morceau de défense d'éléphant pétrifié et trouvé, ces dernières années, dans les environs de Cortone, au lieu appelé *la Selva*.... Ayant comparé ces fragments d'os avec un morceau de défense d'éléphant venu depuis peu d'Asie, on a trouvé qu'il y avoit entre eux une ressemblance parfaite.

« M. l'abbé Mearini m'apporta, au mois d'avril dernier, une mâchoire entière d'éléphant qu'il avoit trouvée dans le district de Farneta, village de ce diocèse. Cette mâchoire est pétrifiée, en grande partie, et surtout des deux côtés, où l'incrustation pierreuse s'élève à la hauteur d'un pouce et à toute la dureté de la pierre.

« Je dois enfin à M. Muziò Angelieri Alticozzi, gentilhomme de cette ville, un fémur presque entier d'éléphant, qu'il a découvert lui-même dans un de ses biens de campagne appelé *la Rota*, situé dans le territoire de Cortone. Cet os, qui est long d'une brasse de Florence, est aussi pétrifié, surtout dans l'extrémité supérieure qu'on appelle la tête... » (Lettre de M. Louis Coltellini, de Cortone. *Journal étranger*, mois de juillet 1761.) (*Add Buff.*)

gueur; la chaleur intérieure de la terre donnoit à ses productions toute la force et toute l'étendue dont elles étoient susceptibles. Il y a eu, dans ce premier âge, des géants en tout genre; les nains et les pygmées sont arrivés depuis, c'est-à-dire après le refroidissement; et si (comme d'autres monuments semblent le démontrer) il y a eu des espèces perdues, c'est-à-dire des animaux qui aient autrefois existé et qui n'existent plus, ce ne peuvent être que ceux dont la nature exigeoit une chaleur plus grande que la chaleur actuelle de la zone torride. Ces énormes dents molaires presque carrées et à grosses pointes mousses, ces grandes volutes pétrifiées dont quelques-unes ont plusieurs pieds de diamètre[1], plusieurs

[1] La connoissance de toutes les pétrifications dont on ne trouve plus les analogues vivants supposeroit une étude longue et une comparaison réfléchie de toutes les espèces de pétrifications qu'on a trouvées jusqu'à présent dans le sein de la terre, et cette science n'est pas encore fort avancée; cependant nous sommes assurés qu'il y a plusieurs de ces espèces, telles que les cornes d'ammon, les orthocératites, les pierres lenticulaires ou numismales, les bélemnites, les pierres judaïques, les anthropomorphites, etc., qu'on ne peut rapporter à aucune espèce actuellement subsistante. Nous avons vu des cornes d'ammon pétrifiées de deux et trois pieds de diamètre, et nous avons été assurés, par des témoins dignes de foi, qu'on en a trouvé une en Champagne plus grande qu'une meule de moulin, puisqu'elle avoit 8 pieds de diamètre sur un pied d'épaisseur : on m'a même offert dans le temps de me l'envoyer; mais l'énormité de poids de cette masse, qui est d'environ huit milliers, et la grande distance de Paris, m'ont empêché d'accepter cette offre. On ne connoît pas plus les espèces d'animaux auxquels ont appartenu les dépouilles dont nous venons d'indiquer les noms; mais ces exemples, et plusieurs autres que je pourrais citer, suffisent pour prouver qu'il existoit autrefois dans la mer plusieurs espèces de coquillages et de crustacés qui ne subsistent plus. Il en est de même de quelques poissons à écailles; la plupart de ceux qu'on trouve dans les ardoises et dans certains schistes, ne ressemblent pas assez aux poissons qui nous sont connus, pour qu'on puisse dire qu'ils sont de telle ou telle espèce; ceux qui sont au Cabinet du Roi, parfaitement conservés dans des masses de pierre, ne peuvent de même se rapporter précisément à nos espèces connues : il paroît donc que, dans tous les genres, la mer a autrefois nourri des animaux dont les espèces n'existent plus.

Mais, comme nous l'avons dit, nous n'avons jusqu'à présent qu'un seul exemple d'une espèce perdue dans les animaux terrestres, et il paroît que c'étoit la plus grande de toutes, sans même en excepter l'éléphant. Et puisque les exemples des espèces perdues dans les animaux terrestres sont bien plus rares que dans les animaux marins, cela ne semble-t-il pas prouver encore que la formation des premiers est postérieure à celle des derniers? (*Add. Buff.*)

autres poissons et coquillages fossiles dont on ne retrouve nulle part les analogues vivants, n'ont existé que dans ces premiers temps où la terre et la mer encore chaudes devoient nourrir des animaux auxquels ce degré de chaleur étoit nécessaire, et qui ne subsistent plus aujourd'hui parce que probablement ils ont péri par le refroidissement.

Voilà donc l'ordre des temps indiqués par des faits et par les monuments; voilà six époques dans la production des premiers âges de la nature, six espaces de durée dont les limites, quoique indéterminées, n'en sont pas moins réelles; car ces époques ne sont pas, comme celles de l'histoire civile, marquées par des points fixes, ou limitées par des siècles et d'autres portions du temps que nous puissions compter et mesurer exactement : néanmoins nous pouvons les comparer entre elles, en évaluer la durée relative, et rappeler à chacune de ces périodes de durée d'autres monuments et d'autres faits qui nous indiqueront des dates contemporaines, et peut-être aussi quelques époques intermédiaires et subséquentes.

Mais avant d'aller plus loin, hâtons-nous de prévenir une objection grave, qui pourroit même dégénérer en imputation. Comment accordez-vous, dira-t-on, cette haute ancienneté que vous donnez à la matière avec les traditions sacrées, qui ne donnent au monde que six ou huit mille ans? Quelque fortes que soient vos preuves, quelque fondés que soient vos raisonnements, quelque évidents que soient vos faits, ceux qui sont rapportés dans le livre sacré ne sont-ils pas encore plus certains? Les contredire, n'est-ce pas manquer à Dieu, qui a eu la bonté de nous les révéler?

Je suis affligé toutes les fois qu'on abuse de ce grand, de ce saint nom de Dieu; je suis blessé toutes les fois que l'homme le profane, et qu'il prostitue l'idée du premier Être en le substituant à celle du fantôme de ses opinions. Plus j'ai pénétré dans le sein de la nature, plus j'ai admiré et profondément respecté son auteur : mais un respect aveugle seroit superstition; la vraie religion suppose au contraire un respect éclairé. Voyons donc, tâchons d'entendre sainement les premiers faits

que l'interprète divin nous a transmis au sujet de la création; recueillons avec soin ces rayons échappés de la lumière céleste: loin d'offusquer la vérité, ils ne peuvent qu'y ajouter un nouveau degré de splendeur.

« AU COMMENCEMENT DIEU CRÉA LE CIEL ET LA TERRE. »

Cela ne veut pas dire qu'au commencement Dieu créa le ciel et la terre *tels qu'ils sont*, puisqu'il est dit, immédiatement après, *que la terre étoit informe*, et que le soleil, la lune et les étoiles, ne furent placés dans le ciel qu'au quatrième jour de la création. On rendroit donc le texte contradictoire à lui-même, si l'on vouloit soutenir qu'*au commencement Dieu créa le ciel et la terre tels qu'ils sont*. Ce fut dans un temps subséquent qu'il les rendit en effet *tels qu'ils sont*, en donnant la forme à la matière, et en plaçant le soleil, la lune et les étoiles dans le ciel. Ainsi, pour entendre sainement ces premières paroles, il faut nécessairement suppléer un mot qui concilie le tout, et lire: *Au commencement Dieu créa* LA MATIÈRE *du ciel et de la terre*.

Et *ce commencement*, ce premier temps, le plus ancien de tous, pendant lequel la matière du ciel et de la terre existoit sans forme déterminée, paroît avoir eu une longue durée; car écoutons attentivement la parole de l'interprète divin:

« LA TERRE ÉTOIT INFORME ET TOUTE NUE, LES TÉNÈBRES COUVROIENT LA FACE DE L'ABÎME, ET L'ESPRIT DE DIEU ÉTOIT PORTÉ SUR LES EAUX. »

La terre *étoit*, les ténèbres *couvroient*, l'esprit de Dieu *étoit*. Ces expressions par l'imparfait du verbe n'indiquent-elles pas que c'est pendant un long espace de temps que la terre a été informe et que les ténèbres ont couvert la face de l'abîme? Si cet état informe, si cette face ténébreuse de l'abîme, n'eussent existé qu'un jour; si ce même état n'eût pas duré long-temps, l'écrivain sacré ou se seroit autrement exprimé, ou n'auroit fait aucune mention de ce moment des ténèbres; il eût passé de la création de la matière en général à

la production de ses formes particulières, et n'auroit pas fait un repos appuyé, une pause marquée, entre le premier et le second instant des ouvrages de Dieu. Je vois donc clairement que non-seulement on peut, mais que même on doit, pour se conformer au sens du texte de l'Écriture sainte, regarder la création de la matière en général comme plus ancienne que les productions particulières et successives de ses différentes formes; et cela se confirme encore par la transition suivante :

« Or, Dieu dit : »

Ce mot *or* suppose des choses faites et des choses à faire; c'est le projet d'un nouveau dessein, c'est l'indication d'un décret pour changer l'état ancien ou actuel des choses en un nouvel état.

« Que la lumière soit faite, et la lumière fut faite. »

Voilà la première parole de Dieu; elle est si sublime et si prompte, qu'elle nous indique assez que la production de la lumière se fit en un instant : cependant la lumière ne parut pas d'abord ni tout à coup comme un éclair universel, elle demeura pendant du temps confondue avec les ténèbres, et Dieu prit lui-même du temps pour la considérer; car, est-il dit :

« Dieu vit que la lumière étoit bonne, et il sépara la lumière d'avec les ténèbres. »

L'acte de la séparation de la lumière d'avec les ténèbres est donc évidemment distinct et physiquement éloigné par un espace de temps de l'acte de sa production; et ce temps, pendant lequel il plut à Dieu de la considérer pour voir *qu'elle étoit bonne*, c'est-à-dire utile à ses desseins; ce temps, dis-je, appartient encore et doit s'ajouter à celui du chaos qui ne commença à se débrouiller que quand la lumière fut séparée des ténèbres.

Voilà donc deux temps, voilà deux espaces de durée, que le texte sacré nous force à reconnoître : le premier, entre la création de la matière en général et la production de la lumière;

le second, entre cette production de la lumière et sa séparation d'avec les ténèbres. Ainsi, loin de manquer à Dieu en donnant à la matière plus d'ancienneté qu'au monde *tel qu'il est,* c'est au contraire le respecter autant qu'il est en nous, en conformant notre intelligence à sa parole. En effet la lumière qui éclaire nos âmes ne vient-elle pas de Dieu? Les vérités qu'elle nous présente peuvent-elles être contradictoires avec celles qu'il nous a révélées? Il faut se souvenir que son inspiration divine a passé par les organes de l'homme; que sa parole nous a été transmise dans une langue pauvre, dénuée d'expressions précises pour les idées abstraites, en sorte que l'interprète de cette parole divine a été obligé d'employer souvent des mots dont les acceptions ne sont déterminées que par les circonstances : par exemple, le mot *créer* et le mot *former* ou *faire* sont employés indistinctement pour signifier la même chose ou des choses semblables; tandis que dans nos langues ces deux mots ont chacun un sens très différent et très déterminé : créer est tirer une substance du néant; former ou faire, c'est la tirer de quelque chose sous une forme nouvelle; et il paroît que le mot *créer*[1] appartient de préférence, et peut-être uniquement au premier verset de la Genèse, dont la traduction précise en notre langue doit être : *Au commencement Dieu tira du néant la matière du ciel et de la terre;* et ce qui prouve que ce mot *créer,* ou *tirer du néant,* ne doit s'appliquer qu'à ces premières paroles, c'est que toute la matière du ciel et de la terre ayant été créée ou tirée du néant dès le commencement, il n'est plus possible et par conséquent plus permis de supposer de nouvelles créations de matière, puisque alors *toute matière* n'auroit pas été créée dès le commencement. Par conséquent l'ouvrage des six jours ne peut s'entendre que comme une formation, une production de formes tirées de la matière créée précédemment, et non pas comme d'autres créations de matières nouvelles tirées immédiatement du néant; et en effet, lorsqu'il est question de la lumière, qui

[1] Le mot ארב, *bara*, que l'on traduit ici par *créer*, se traduit dans tous les autres passages de l'Ecriture par *former* ou *faire*.

est la première de ces formations ou productions tirées du sein de la matière, il est dit seulement *Que la lumière soit faite*, et non pas *Que la lumière soit créée*. Tout concourt donc à prouver que la matière ayant été créée *in principio*, ce ne fut que dans des temps subséquents qu'il plut au souverain Être de lui donner la forme, et qu'au lieu de tout créer et tout former dans le même instant, comme il l'auroit pu faire s'il eût voulu déployer toute l'étendue de sa toute-puissance, il n'a voulu au contraire qu'agir avec le temps, produire successivement, et mettre même des repos, des intervalles considérables, entre chacun de ses ouvrages. Que pouvons-nous entendre par les six jours que l'écrivain sacré nous désigne si précisément en les comptant les uns après les autres, sinon six espaces de temps, six intervalles de durée? Et ces espaces de temps indiqués par le nom de *jours*, faute d'autres expressions, ne peuvent avoir aucun rapport avec nos jours actuels, puisqu'il s'est passé successivement trois de ces jours avant que le soleil ait été placé dans le ciel. Il n'est donc pas possible que ces jours fussent semblables aux nôtres; et l'interprète de Dieu semble l'indiquer assez en les comptant toujours du soir au matin, au lieu que les jours solaires doivent se compter du matin au soir. Ces six jours n'étoient donc pas des jours solaires semblables aux nôtres, ni même des jours de lumière, puisqu'ils commençoient par le soir et finissoient au matin: ces jours n'étoient pas même égaux, car ils n'auroient pas été porportionnés à l'ouvrage. Ce ne sont donc que six espaces de temps: l'historien sacré ne détermine pas la durée de chacun; mais le sens de la narration semble la rendre assez longue pour que nous puissions l'étendre autant que l'exigent les vérités physiques que nous avons à démontrer. Pourquoi donc se récrier si fort sur cet emprunt du temps, que nous ne faisons qu'autant que nous y sommes forcés par la connoissance démonstrative des phénomènes de la nature? Pourquoi vouloir nous refuser ce temps, puisque Dieu nous le donne par sa propre parole, et qu'elle seroit contradictoire ou intelligible si nous n'admettions pas l'existence de ces pre-

miers temps antérieurs à la formation du monde *tel qu'il est?*

A la bonne heure, que l'on dise, que l'on soutienne, même rigoureusement, que depuis le dernier terme, depuis la fin des ouvrages de Dieu, c'est-à-dire depuis la création de l'homme, il ne s'est écoulé que six ou huit mille ans, parce que les différentes généalogies du genre humain depuis Adam n'en indiquent pas davantage; nous devons cette foi, cette marque de soumission et de respect, à la plus ancienne, à la plus sacrée de toutes les traditions; nous lui devons même plus, c'est de ne jamais nous permettre de nous écarter de la lettre de cette sainte tradition que quand *la lettre tue*, c'est-à-dire quand elle paroît directement opposée à la saine raison et à la vérité des faits de la nature : car toute raison, toute vérité, venant également de Dieu, il n'y a de différence entre les vérités qu'il nous a révélées et celles qu'il nous a permis de découvrir par nos observations et nos recherches; il n'y a, dis-je, d'autre différence que celle d'une première faveur faite gratuitement, à une seconde grace qu'il a voulu différer et nous faire mériter par nos travaux; et c'est par cette raison que son interprète n'a parlé aux premiers hommes, encore très ignorants, que dans le sens vulgaire, et qu'il ne s'est pas élevé au-dessus de leurs connoissances, qui, bien loin d'atteindre au vrai système du monde, ne s'étendoient pas même au-delà des nations communes, fondées sur le simple rapport des sens; parce qu'en effet c'étoit au peuple qu'il falloit parler, et que la parole eût été vaine et inintelligible si elle eût été telle qu'on pourroit la prononcer aujourd'hui, puisque, aujourd'hui même, il n'y a qu'un petit nombre d'hommes auxquels les vérités astronomiques et physiques soient assez connues pour n'en pouvoir douter, et qui puissent en entendre le langage.

Voyons donc ce qu'étoit la physique dans ces premiers âges du monde, et ce qu'elle seroit encore si l'homme n'eût jamais étudié la nature. On voit le ciel comme une voûte d'azur dans laquelle le soleil et la lune paroissent être les astres les plus considérables, dont le premier produit toujours la lumière du jour, et le second fait souvent celle de la nuit;

on les voit paroître ou se lever d'un côté, et disparoître ou se coucher de l'autre, après avoir fourni leur course et donné leur lumière pendant un certain espace de temps. On voit que la mer est de la même couleur que la voûte azurée, et qu'elle paroît toucher au ciel lorsqu'on la regarde au loin. Toutes les idées du peuple sur le système du monde ne portent que sur ces trois ou quatre notions; et quelque fausses qu'elles soient, il falloit s'y conformer pour se faire entendre.

En conséquence de ce que la mer paroît dans le lointain se réunir au ciel, il étoit naturel d'imaginer qu'il existe en effet des eaux supérieures et des eaux inférieures, dont les unes remplissent le ciel et les autres la mer, et que, pour soutenir les eaux supérieures, il falloit un firmament, c'est-à-dire un appui, une voûte solide et transparente, au travers de laquelle on aperçût l'azur des eaux supérieures; aussi est-il dit : *Que le firmament soit fait au milieu des eaux, et qu'il sépare les eaux d'avec les eaux. Et Dieu fit le firmament, et sépara les eaux qui étoient sous le firmament, de celles qui étoient au-dessus du firmament, et Dieu donna au firmament le nom de ciel..... et à toutes les eaux rassemblées sous le firmament le nom de mer.* C'est à ces mêmes idées que se rapportent les caractères du ciel, c'est-à-dire les portes ou les fenêtres de ce firmament solide qui s'ouvrirent lorsqu'il fallut laisser tomber les eaux supérieures pour noyer la terre. C'est encore d'après ces mêmes idées qu'il est dit que les poissons et les oiseaux ont eu une origine commune. Les poissons auront été produits par les eaux inférieures, et les oiseaux par les eaux supérieures, parce qu'ils s'approchent par leur vol de la voûte azurée, que le vulgaire n'imagine pas être beaucoup plus élevée que les nuages. De même le peuple a toujours cru que les étoiles sont attachées comme des clous à cette voûte solide, qu'elles sont plus petites que la lune, et infiniment plus petites que le soleil : il ne distingue pas même les planètes des étoiles fixes; et c'est par cette raison qu'il n'est fait aucune mention des planètes dans tout le récit de la création; c'est par la même raison que la lune y est regardée comme le second

astre, quoique ce ne soit en effet que le plus petit de tous les corps célestes, etc., etc., etc.

Tout, dans le récit de Moïse, est mis à la portée de l'intelligence du peuple; tout y est représenté relativement à l'homme vulgaire, auquel il ne s'agissoit pas de démontrer le vrai système du monde, mais qu'il suffisoit d'instruire de ce qu'il devoit au Créateur, en lui montrant les effets de sa toute-puissance comme autant de bienfaits : les vérités de la nature ne devoient paroître qu'avec le temps, et le souverain Être se les réservoit comme le plus sûr moyen de rappeler l'homme à lui, lorsque sa foi, déclinant dans la suite des siècles, seroit devenue chancelante; lorsque éloigné de son origine, il pourroit l'oublier; lorsqu'enfin trop accoutumé au spectacle de la nature, il n'en seroit plus touché et viendroit à en méconnoître l'auteur. Il étoit donc nécessaire de raffermir de temps en temps et même d'agrandir l'idée de Dieu dans l'esprit et dans le cœur de l'homme. Or chaque découverte produit ce grand effet; chaque nouveau pas que nous faisons dans la nature nous rapproche du Créateur. Une vérité nouvelle est une espèce de miracle, l'effet en est le même, et elle ne diffère du vrai miracle qu'en ce que celui-ci est un coup d'éclat que Dieu frappe immédiatement et rarement, au lieu qu'il se sert de l'homme pour découvrir et manifester les merveilles dont il a rempli le sein de la nature; et que, comme ces merveilles s'opèrent à tout instant, qu'elles sont exposées de tout temps et pour tous les temps à sa contemplation, Dieu le rappelle incessamment à lui non-seulement par le spectacle actuel, mais encore par le développement successif de ses œuvres.

Au reste, je ne me suis permis cette interprétation des premiers versets de la Genèse que dans la vue d'opérer un grand bien; ce seroit de concilier à jamais la science de la nature avec celle de la théologie : elles ne peuvent, selon moi, être en contradiction qu'en apparence, et mon explication semble le démontrer. Mais, si cette explication, quoique simple et très claire, paroît insuffisante et même hors de propos à quel-

ques esprits trop strictement attachés à la lettre, je les prie de me juger par l'intention, et de considérer que mon système sur les époques de la nature étant purement hypothétique, il ne peut nuire aux vérités révélées, qui sont autant d'axiomes immuables, indépendants de toute hypothèse, et auxquels j'ai soumis et je soumets mes pensées.

PREMIÈRE ÉPOQUE.

Lorsque la terre et les planètes ont pris leur forme.

Dans ce premier temps où la terre en fusion, tournant sur elle-même, a pris sa forme et s'est élevée sur l'équateur en s'abaissant sous les pôles, les autres planètes étoient dans le même état de liquéfaction, puisqu'en tournant sur elles-mêmes elles ont pris, comme la terre, une forme renflée sur leur équateur et aplatie sous leurs pôles, et que ce renflement et cette dépression sont proportionnels à la vitesse de leur rotation. Le globe de Jupiter nous en fournit la preuve : comme il tourne beaucoup plus vite que celui de la terre, il est en conséquence bien plus élevé sur son équateur, et plus abaissé sous ses pôles; car les observations nous démontrent que les deux diamètres de cette planète diffèrent de plus d'un treizième, tandis que ceux de la terre ne diffèrent que d'une deux cent treizième partie : elles nous montrent aussi que dans Mars, qui tourne près d'une fois moins vite que la terre, cette différence entre les deux diamètres n'est pas assez sensible pour être mesurée par les astronomes, et que dans la lune, dont le mouvement de rotation est encore bien plus lent, les deux diamètres paroissent égaux. La vitesse de la rotation des planètes est donc la seule cause de leur renflement sur l'équateur; et ce renflement, qui s'est fait en même temps que leur aplatissement sous les pôles, suppose une fluidité entière dans toute la masse de ces globes, c'est-à-dire un état de liquéfaction causé par le feu [1].

D'ailleurs toutes les planètes circulant autour du soleil dans le même sens et presque dans le même plan, elles paroissent avoir été mises en mouvement par une impulsion commune et dans un même temps; leur mouvement de circulation et leur mouvement de rotation sont contemporains, aussi bien que leur état de fusion ou de liquéfaction par le feu, et ces

[1] Voyez la Théorie de la terre, article *de la Formation des Planètes*.

mouvements ont nécessairement été précédés par l'impulsion qui les a produits.

Dans celles des planètes dont la masse a été frappée le plus obliquement, le mouvement de rotation a été le plus rapide, et, par cette rapidité de rotation; les premiers effets de la force centrifuge ont excédé ceux de la pesanteur : en conséquence il s'est fait dans ces masses liquides une séparation et une projection de parties à leur équateur, où cette force centrifuge est la plus grande, lesquelles parties séparées et chassées par cette force ont formé des masses concomitantes, et sont devenues des satellites qui ont dû circuler et qui circulent en effet tous dans le plan de l'équateur de la planète dont ils ont été séparés par cette cause. Les satellites des planètes se sont donc formés aux dépens de la matière de leur planète principale, comme les planètes elles-mêmes paroissent s'être formées aux dépens de la masse du soleil. Ainsi le temps de la formation des satellites est le même que celui du commencement de la rotation des planètes : c'est le moment où la matière qui les compose venoit de se rassembler, et ne formoit encore que des globes liquides, état dans lequel cette matière en liquéfaction pouvoit en être séparée et projetée fort aisément; car, dès que la surface de ces globes eut commencé à prendre un peu de consistance et de rigidité par le refroidissement, la matière, quoiqu'animée de la même force centrifuge, étant retenue par celle de la cohésion, ne pouvoit plus être séparée ni projetée hors de la planète par ce même mouvement de rotation.

Comme nous ne connoissons dans la nature aucune cause de chaleur, aucun feu que celui du soleil, qui ait pu fondre ou tenir en liquéfaction la matière de la terre et des planètes, il me paroît qu'en se refusant à croire que les planètes sont issues et sorties du soleil on seroit au moins forcé de supposer qu'elles ont été exposées de très près aux ardeurs de cet astre de feu pour pouvoir être liquéfiées. Mais cette supposition ne seroit pas encore suffisante pour expliquer l'effet, et tomberoit d'elle-même par une circonstance nécessaire, c'est qu'il

faut du temps pour que le feu, quelque violent qu'il soit, pénètre les matières solides qui lui sont exposées, et un très long temps pour les liquéfier. On a vu, par les expériences qui précèdent, que pour échauffer un corps jusqu'au degré de fusion il faut au moins la quinzième partie du temps qu'il faut pour le refroidir, et qu'attendu les grands volumes de la terre et des autres planètes, il seroit de toute nécessité qu'elles eussent été pendant plusieurs milliers d'années stationnaires auprès du soleil pour recevoir le degré de chaleur nécessaire à leur liquéfaction : or il est sans exemple dans l'univers qu'aucun corps, aucune planète, aucune comète, demeure stationnaire auprès du soleil, même pour un instant; au contraire, plus les comètes en approchent, et plus leur mouvement est rapide: le temps de leur périhélie est extrêmement court, et le feu de cet astre, en brûlant la surface, n'a pas le temps de pénétrer la masse des comètes qui s'en approchent le plus.

Ainsi tout concourt à prouver qu'il n'a pas suffi que la terre et les planètes aient passé, comme certaines comètes, dans le voisinage du soleil, pour que leur liquéfaction ait pu s'y opérer; nous devons donc présumer que cette matière des planètes a autrefois appartenu au corps même du soleil, et en a été séparée, comme nous l'avons dit, par une seule et même impulsion : car les comètes qui approchent le plus du soleil ne nous présentent que le premier degré des grands effets de la chaleur; elles paroissent précédées d'une vapeur enflammée lorsqu'elles s'approchent, et suivie d'une semblable vapeur lorsqu'elles s'éloignent de cet astre. Ainsi une partie de la matière superficielle de la comète s'étend autour d'elle, et se présente à nos yeux en forme de vapeurs lumineuses qui se trouvent dans un état d'expansion et de volatilité causé par le feu du soleil : mais le noyau, c'est-à-dire le corps même de la comète, ne paroît pas être profondément pénétré par le feu, puisqu'il n'est pas lumineux par lui-même, comme le seroit néanmoins toute masse de fer, de verre ou d'autre matière solide intimement pénétrée par cet élément; par conséquent il paroît nécessaire que la matière de la terre et des planètes, qui a été

dans un état de liquéfaction, appartienne au corps même du soleil, et qu'elle fasse partie des matières en fusion qui constituent la masse de cet astre de feu.

Les planètes ont reçu leur mouvement par une seule et même impulsion, puisqu'elles circulent toutes dans le même sens et presque dans le même plan; les comètes, au contraire, qui circulent comme les comètes autour du soleil, mais dans des sens et des plans différents, paroissent avoir été mises en mouvement par des impulsions différentes. On doit donc rapporter à une seule époque le mouvement des planètes, au lieu que celui des planètes pourroit avoir été donné en différents temps. Ainsi rien ne peut nous éclairer sur l'origine du mouvement des comètes; mais nous pouvons raisonner sur celui des planètes, parce qu'elles ont entre elles des rapports communs qui indiquent assez clairement qu'elles ont été mises en mouvement par une seule et même impulsion. Il est donc permis de chercher dans la nature la cause qui a pu produire cette grande impulsion, au lieu que nous ne pouvons guère former de raisonnement ni même faire des recherches sur les causes du mouvement d'impulsion des comètes.

Rassemblant seulement les rapports fugitifs et les légers indices qui peuvent fournir quelques conjectures, on pourroit imaginer, pour satisfaire, quoique très imparfaitement, à la curiosité de l'esprit, que les comètes de notre système solaire ont été formées par l'explosion d'une étoile fixe ou d'un soleil voisin du nôtre, dont toutes les parties dispersées, n'ayant plus de centre ou de foyer commnn, auront été forcées d'obéir à la force attractive de notre soleil, qui dès-lors sera devenu le pivot et le foyer de toutes nos comètes. Nous et nos neveux n'en dirons pas davantage jusqu'à ce que, par des observations ultérieures, on parvienne à reconnoître quelque rapport commun dans le mouvement d'impulsion des comètes; car, comme nous ne connoissons rien que par comparaison, dès que tout rapport nous manque, et qu'aucune analogie ne se présente, toute lumière fuit, et non-seulement notre raison, mais même notre imagination se trouvent en défaut. Aussi, m'étant

abstenu ci-devant de former des conjectures sur la cause du mouvement d'impulsion des comètes, j'ai cru devoir raisonner sur celle de l'impulsion des planètes; et j'ai mis en avant, non pas comme un fait réel et certain, mais seulement comme une chose possible, que la matière des planètes a été projetée hors du soleil par le choc d'une comète. Cette hypothése est fondée sur ce qu'il n'y a dans la nature aucun corps en mouvement, sinon les comètes, qui puisse ou ait pu communiquer un aussi grand mouvement à d'aussi grandes masses, et en même temps sur ce que les comètes approchent quelquefois de si près du soleil, qu'il est pour ainsi dire nécessaire que quelques-unes y tombent obliquement et en sillonnent la surface, en chassant devant elles les matières mises en mouvement par leur choc.

Il en est de même de la cause qui a pu produire la chaleur du soleil : il m'a paru qu'on peut la déduire des effets naturels, c'est-à-dire la trouver dans la constitution du système du monde; car le soleil ayant à supporter tout le poids, toute l'action de la force pénétrante des vastes corps qui circulent autour de lui, et ayant à souffrir en même temps l'action rapide de cette espèce de frottement intérieur dans toutes les parties de sa masse, la matière qui le compose doit être dans l'état de la plus grande division; elle a dû devenir et demeurer fluide, lumineuse et brûlante, en raison de cette pression et de ce frottement intérieur toujours également subsistant. Les mouvements irréguliers des taches du soleil, aussi bien que leur apparition spontanée et leur disparition, démontrent assez que cet astre est liquide, et qu'il s'élève de temps en temps à sa surface des espèces de scories ou d'écumes, dont les unes nagent irrégulièrement sur cette matière en fusion, et dont quelques autres sont fixes pour un temps, et disparoissent, comme les premières, lorsque l'action du feu les a de nouveau divisées. On sait que c'est par le moyen de quelques-unes de ces taches fixes qu'on a déterminé la durée de la rotation du soleil en vingt-cinq jours et demi.

Or chaque comète et chaque planète forment une roue, dont les raies sont les rayons de la force attractive; le soleil est l'es-

sieu ou le pivot commun de toutes ces différentes roues; la comète ou la planète en est la jante mobile, et chacune contribue de tout son poids et de toute sa vitesse à l'embrasement de ce foyer général, dont le feu durera par conséquent aussi long-temps que le mouvement et la pression des vastes corps qui le produisent.

De là ne doit-on pas présumer que si l'on ne voit pas des planètes autour des étoiles fixes, ce n'est qu'à cause de leur immense éloignement? Notre vue est trop bornée, nos instruments trop peu puissants, pour apercevoir ces astres obscurs, puisque ceux même qui sont lumineux échappent à nos yeux, et que, dans le nombre infini de ces étoiles, nous ne connoîtrons jamais que celles dont nos instruments de longue vue pourront nous rapprocher : mais l'analogie nous indique qu'étant fixes et lumineuses comme le soleil, les étoiles ont dû s'échauffer, se liquéfier et brûler par la même cause, c'est-à-dire par la pression active des corps opaques, solides et obscurs, qui circulent autour d'elles. Cela seul peut expliquer pourquoi il n'y a que les astres fixes qui soient lumineux, et pourquoi dans l'univers solaire tous les astres errants sont obscurs.

Et la chaleur produite par cette cause devant être en raison du nombre, de la vitesse et de la masse des corps qui circulent autour du foyer, le feu du soleil doit être d'une ardeur ou plutôt d'une violence extrême, non-seulement parce que les corps qui circulent autour de lui sont tous vastes, solides et mus rapidement, mais encore parce qu'ils sont en grand nombre; car, indépendamment des six planètes, de leurs dix satellites et de l'anneau de Saturne, qui tous pèsent sur le soleil et forment un volume de matière deux mille fois plus grand que celui de la terre, le nombre des comètes est plus considérable qu'on ne le croit vulgairement; elles seules ont pu suffire pour allumer le feu du soleil avant la projection des planètes, et suffiroient encore pour l'entretenir aujourd'hui. L'homme ne parviendra peut-être jamais à reconnoître les planètes qui circulent autour des étoiles fixes; mais, avec le temps, il pourra savoir au juste quel est le nombre des co-

mètes dans le système solaire. Je regarde cette grande connoissance comme réservée à la postérité. En attendant, voici une espèce d'évaluation qui, quoique bien éloignée d'être précise, ne laissera pas de fixer les idées sur le nombre de ces corps circulant autour du soleil.

En consultant les recueils d'observations, on voit que depuis l'an 1101 jusqu'en 1766, c'est-à-dire en six cent soixante-cinq années, il y a eu deux cent vingt-huit apparitions de comètes. Mais le nombre de ces astres errants qui ont été remarqués n'est pas aussi grand que celui des apparitions, puisque la plupart, pour ne pas dire tous, font leur révolution en moins de six cent soixante-cinq ans. Prenons donc les deux comètes desquelles seules les révolutions nous sont parfaitement connues; savoir, la comète de 1680, dont la période est d'environ cinq cent soixante-quinze ans, et celle de 1759, dont la période est de soixante-seize ans. On peut croire, en attendant mieux, qu'en prenant le terme moyen, trois cent vingt-six ans, entre ces deux périodes de révolution, il y a autant de comètes dont la période excède trois cent vingt-six ans, qu'il y en a dont la période est moindre. Ainsi, en les réduisant toutes à trois cent vingt-six ans, chaque comète auroit paru deux fois en six cent cinquante-deux ans, et l'on auroit par conséquent à peu près cent quinze comètes pour deux cent vingt-huit apparitions en six cent soixante-cinq ans.

Maintenant, si l'on considère que vraisemblablement il y a plus de comètes hors de la portée de notre vue, ou échappées à l'œil des observateurs, qu'il n'y en a eu de remarquées, ce nombre croîtra peut-être de plus du triple; en sorte qu'on peut raisonnablement penser qu'il existe dans le système solaire quatre ou cinq cents comètes. Et s'il en est des comètes comme des planètes, si les plus grosses sont les plus éloignées du soleil, si les plus petites sont les seules qui en approchent d'assez près pour que nous puissions les apercevoir, quel volume immense de matière! quelle charge énorme sur le corps de cet astre! quelle pression, c'est-à-dire quel frottement intérieur dans toutes les parties de sa masse, et par

conséquent quelle chaleur et quel feu produit par ce frottement!
Car, dans notre hypothèse, le soleil étoit une masse de matière en fusion, même avant la projection des planètes; par conséquent ce feu n'avoit alors pour cause que la pression de ce grand nombre de comètes qui circuloient précédemment et circulent encore aujourd'hui autour de ce foyer commun. Si la masse ancienne du soleil a été diminuée d'un six cent cinquantième par la projection de la matière des planètes lors de leur formation, la quantité totale de la cause de son feu, c'est-à-dire de la pression totale, a été augmentée dans la proportion de la pression entière des planètes, réunie à la première pression de toutes les comètes, à l'exception de celle qui a produit l'effet de la projection, et dont la matière s'est mêlée à celle des planètes pour sortir du soleil, lequel par conséquent, après cette perte, n'en est devenu que plus brillant, plus actif, et plus propre à éclairer, échauffer, et féconder son univers.

En poussant ces inductions encore plus loin, on se persuadera aisément que les satellites qui circulent autour de leur planète principale, et qui pèsent sur elle comme les planètes pèsent sur le soleil; que ces satellites, dis-je, doivent communiquer un certain degré de chaleur à la planète autour de laquelle ils circulent: la pression et le mouvement de la lune doivent donner à la terre un degré de chaleur qui seroit plus grand si la vitesse du mouvement de circulation de la lune étoit plus grande; Jupiter, qui a quatre satellites, et Saturne, qui en a cinq, avec un grand anneau, doivent, par cette seule raison, être animés d'un certain degré de chaleur. Si ces planètes très éloignées du soleil n'étoient pas douées comme la terre d'une chaleur intérieure, elles seroient plus que gelées, et le froid extrême que Jupiter et Saturne auroient à supporter, à cause de leur éloignement du soleil, ne pourroit être tempéré que par l'action de leurs satellites. Plus les corps circulants seront nombreux, grands et rapides, plus le corps qui leur sert d'essieu ou de pivot s'échauffera par le frottement intime qu'ils feront subir à toutes les parties de sa masse.

Ces idées se lient parfaitement avec celles qui servent de fondement à mon hypothèse sur la formation des planètes; elles en sont des conséquences simples et naturelles : mais j'ai la preuve que peu de gens ont saisi les rapports et l'ensemble de ce grand système. Néanmoins y a-t-il un sujet plus élevé, plus digne d'exercer la force du génie? On m'a critiqué sans m'entendre; que puis-je répondre? sinon que tout parle à des yeux attentifs, tout est indice pour ceux qui savent voir; mais que rien n'est sensible, rien n'est clair pour le vulgaire, et même pour ce vulgaire savant qu'aveugle le préjugé. Tâchons néanmoins de rendre la vérité plus palpable; augmentons le nombre des probabilités; rendons la vraisemblance plus grande; ajoutons lumières sur lumières, en réunissant les faits, en accumulant les preuves, et laissons-nous juger ensuite sans inquiétude et sans appel : car j'ai toujours pensé qu'un homme qui écrit doit s'occuper uniquement de son sujet, et nullement de soi; qu'il est contre la bienséance de vouloir en occuper les autres, et que par conséquent les critiques personnelles doivent demeurer sans réponse.

Je conviens que les idées de ce système peuvent paroître hypothétiques, étranges, et même chimériques, à tous ceux qui, ne jugeant les choses que par le rapport de leurs sens, n'ont jamais conçu comment on sait que la terre n'est qu'une petite planète, renflée sur l'équateur et abaissée sous les pôles; à ceux qui ignorent comment on s'est assuré que tous les corps célestes pèsent, agissent et réagissent les uns sur les autres; comment on a pu mesurer leur grandeur, leur distance, leurs mouvements, leur pesanteur, etc. : mais je suis persuadé que ces mêmes idées paroîtront simples, naturelles, et même grandes, au petit nombre de ceux qui, par des observations et des réflexions suivies, sont parvenus à connoître les lois de l'univers, et qui, jugeant des choses par leurs propres lumières, les voient sans préjugé, telles qu'elles sont, ou telles qu'elles pourroient être; car ces deux points de vue sont à peu près les mêmes; et celui qui regardant une horloge pour la première fois diroit que le principe de tous ses mouvements est un res-

sort, quoique ce fût un poids, ne se tromperoit que pour le vulgaire, et auroit, aux yeux du philosophe, expliqué la machine.

Ce n'est donc pas que j'aie affirmé ni même positivement prétendu que notre terre et les planètes aient été formées nécessairement et réellement par le choc d'une comète qui a projeté hors du soleil la six cent cinquantième partie de sa masse : mais ce que j'ai voulu faire entendre, et ce que je maintiens encore comme hypothèse très probable, c'est qu'une comète qui, dans son périhélie, approcheroit assez près du soleil pour en effleurer et sillonner la surface pourroit produire de pareils effets, et qu'il n'est pas impossible qu'il se forme quelque jour, de cette même manière, des planètes nouvelles, qui toutes circuleroient ensemble comme les planètes actuelles, dans le même sens et presque dans un même plan autour du soleil ; des planètes qui tourneroient aussi sur elles-mêmes, et dont la matière étant, au sortir du soleil, dans un état de liquéfaction obéiroit à la force centrifuge, et s'élèveroit à l'équateur en s'abaissant sous les pôles ; des planètes qui pourroient de même avoir des satellites en plus ou moins grand nombre, circulant autour d'elles dans le plan de leurs équateurs, et dont les mouvements seroient semblables à ceux des satellites de nos planètes : en sorte que tous les phénomènes de ces planètes possibles et idéales seroient, je ne dis pas les mêmes, mais dans le même ordre et dans des rapports semblables à ceux des phénomènes des planètes réelles. Et, pour preuve, je demande seulement que l'on considère si le mouvement de toutes les planètes, dans le même sens et presque dans le même plan, ne suppose pas une impulsion commune : je demande s'il y a dans l'univers quelques corps, excepté les comètes, qui aient pu communiquer ce mouvement d'impulsion ; je demande s'il n'est pas probable qu'il tombe de temps à autre des comètes dans le soleil, puisque celle de 1680 en a pour ainsi dire rasé la surface, et si par conséquent une telle comète, en sillonnant cette surface du soleil, ne communiqueroit pas son mouvement d'impulsion à une certaine quan-

tité de matière qu'elle sépareroit du corps du soleil, en la projetant au-dehors; je demande si, dans ce torrent de matière projetée, il ne se formeroit pas de globes par l'attraction mutuelle des parties, et si ces globes ne se trouveroient pas à des distances différentes, suivant la différente densité des matières, et si les plus légères ne seroient pas poussées plus loin que les plus denses par la même impulsion; je demande si la situation de tous ces globes presque dans le même plan n'indique pas assez que le torrent projeté n'étoit pas d'une largeur considérable, et qu'il n'avoit pour cause qu'une seule impulsion, puisque toutes les parties de la matière dont il étoit composé ne se sont éloignées que très peu de la direction commune; je demande comment et où la matière de la terre et des planètes auroit pu se liquéfier, si elle n'eût pas résidé dans le corps même du soleil; et si l'on peut trouver une cause de cette chaleur et de cet embrasement du soleil, autre que celle de sa charge et du frottement intérieur produit par l'action de tous ces vastes corps qui circulent autour de lui; enfin je demande qu'on examine tous les rapports, que l'on suive toutes les vues, que l'on compare toutes les analogies sur lesquelles j'ai fondé mes raisonnements, et qu'on se contente de conclure avec moi que, si Dieu l'eût permis, il se pourroit, par les seules lois de la nature, que la terre et les planètes eussent été formées de cette même manière.

Suivons donc notre objet, et, de ce temps qui a précédé les temps et s'est soustrait à notre vue, passons au premier âge de notre univers, où la terre et les planètes ayant reçu leur forme, ont pris de la consistance, et de liquides sont devenues solides. Ce changement d'état s'est fait naturellement et par le seul effet de la diminution de la chaleur: la matière qui compose le globe terrestre et les autres globes planétaires étoit en fusion lorsqu'ils ont commencé à tourner sur eux-mêmes; ils ont donc obéi, comme toute autre matière fluide, aux lois de la force centrifuge: les parties voisines de l'équateur, qui subissent le plus grand mouvement dans la rotation, se sont le plus élevées; celles qui sont voisines des pôles, où ce mouve-

ment est moindre ou nul, se sont abaissées dans la proportion juste et précise qu'exigent les lois de la pesanteur, combinées avec celles de la force centrifuge [1], et cette forme de la terre et des planètes s'est conservée jusqu'à ce jour, et se conservera perpétuellement, quand même l'on voudroit supposer que le mouvement de rotation viendroit à s'accélérer, parce que, la matière ayant passé de l'état fluide à celui de solidité, la cohésion des parties suffit seule pour maintenir la forme primordiale, et qu'il faudroit pour le changer que le mouvement de rotation prît une rapidité presque infinie, c'est-à-dire assez grande pour que l'effet de la force centrifuge devînt plus grand que celui de la force de la cohérence.

Or le refroidissement de la terre et des planètes, comme celui de tous les corps chauds, a commencé par la surface : les matières en fusion s'y sont consolidées dans un temps assez court. Dès que le grand feu dont elles étoient pénétrées s'est échappé, les parties de la matière, qu'il tenoit divisées, se sont rapprochées et réunies de plus près par leur attraction mutuelle : celles qui avoient assez de fixité pour soutenir la violence du feu ont formé des masses solides, mais celles qui, comme l'air et l'eau, se raréfient ou se volatilisent par le feu

[1] J'ai supposé dans mon *Traité de la formation des planètes*, vol. I, que la différence des diamètres de la terre étoit dans le rapport de 174 à 175, d'après la détermination faite par nos mathématiciens envoyés en Laponie et au Pérou ; mais, comme ils ont supposé une courbe régulière à la terre, j'ai averti que cette supposition étoit hypothétique, et par conséquent je ne me suis point arrêté à cette détermination. Je pense donc qu'on doit préférer le rapport de 229 à 230, tel qu'il a été déterminé par Newton, d'après sa théorie et les expériences du pendule, qui me paroissent être bien plus sûres que les mesures. C'est par cette raison que, dans les mémoires de la partie hypothétique, j'ai toujours supposé que le rapport des deux diamètres du sphéroïde terrestre étoit de 229 à 230. M. le docteur Irving, qui a accompagné M. Phipps dans son voyage au nord en 1773, a fait des expériences très exactes sur l'accélération du pendule au 70e degré 50 minutes, et il a trouvé que cette accélération étoit de 72 à 73 secondes en 24 heures, d'où il conclut que le diamètre à l'équateur est à l'axe de la terre comme 212 à 211. Ce savant voyageur ajoute, avec raison, que son résultat approche de celui de Newton beaucoup plus que celui de M. de Maupertuis, qui donne le rapport de 178 à 179, et plus aussi que celui de M. Bradley, qui, d'après les observations de M. Campbell, donne le rapport de 200 à 201 pour la différence des deux diamètres de la terre. (*Add. Buff.*)

ne pouvoient faire corps avec les autres; elles en ont été séparées dans les premiers temps du refroidissement. Tous les éléments pouvant se transmuer et se convertir, l'instant de la consolidation des matières fixes fut aussi celui de la plus grande conversion des éléments et de la production des matières volatiles : elles étoient réduites en vapeurs et dispersées au loin, formant autour des planètes une espèce d'atmosphère semblable à celle du soleil; car on sait que le corps de cet astre de feu est environné d'une sphère de vapeurs qui s'étend à des distances immenses, et peut-être jusqu'à l'orbe de la terre. L'existence réelle de cette atmosphère solaire est démontrée par un phénomène qui accompagne les éclipses totales du soleil. La lune en couvre alors à nos yeux le disque tout entier; et néanmoins l'on voit encore un limbe ou grand cercle de vapeurs, dont la lumière est assez vive pour nous éclairer à peu près autant que celle de la lune : sans cela, le globe terrestre seroit plongé dans l'obscurité la plus profonde pendant la durée de l'éclipse totale. On a observé que cette atmosphère solaire est plus dense dans ses parties voisines du soleil, et qu'elle devient d'autant plus rare et plus transparente qu'elle s'étend et s'éloigne davantage du corps de cet astre de feu : l'on ne peut donc pas douter que le soleil ne soit environné d'une sphère de matières aqueuses, aériennes et volatiles, que sa violente chaleur tient suspendues et reléguées à des distances immenses, et que, dans le moment de la projection des planètes, le torrent des matières fixes sorties du corps du soleil n'ait, en traversant son atmosphère, entraîné une grande quantité de ces matières volatiles dont elle est composée; et ce sont ces mêmes matières volatiles, aqueuses et aériennes, qui ont ensuite formé les atmosphères des planètes, lesquelles étoient semblables à l'atmosphère du soleil, tant que les planètes ont été, comme lui, dans un état de fusion ou de grande incandescence.

Toutes les planètes n'étoient donc alors que des masses de verre liquide, environnées d'une sphère de vapeurs. Tant qu'a duré cet état de fusion, et même long-temps après, les pla-

nètes étoient lumineuses par elles-mêmes, comme le sont tous les corps en incandescence; mais, à mesure que les planètes prenoient de la consistance, elles perdoient de leur lumière : elles ne devinrent tout-à-fait obscures qu'après s'être consolidées jusqu'au centre, et long-temps après la consolidation de leur surface, comme l'on voit dans une masse de métal fondu la lumière et la rougeur subsister très long-temps après la consolidation de sa surface. Et dans ce premier temps où les planètes brilloient de leurs propres feux, elles devoient lancer des rayons, jeter des étincelles, faire des explosions, et ensuite souffrir, en se réfroidissant, différentes ébullitions, à mesure que l'eau, l'air et les autres matières qui ne peuvent supporter le feu, retomboient à leur surface : la production des éléments, et ensuite leur combat, n'ont pu manquer de produire des inégalités, des aspérités, des profondeurs, des hauteurs, des cavernes à la surface et dans les premières couches de l'intérieur de ces grandes masses; et c'est à cette époque que l'on doit rapporter la formation des plus hautes montagnes de la terre, de celles de la lune, et de toutes les aspérités ou inégalités qu'on aperçoit sur les planètes.

Représentons-nous l'état et l'aspect de notre univers dans son premier âge : toutes les planètes nouvellement consolidées à la surface étoient encore liquides à l'intérieur, et lançoient au-dehors une lumière très vive; c'étoient autant de petits soleils détachés du grand, qui ne lui cédoient que par le volume, et dont la lumière et la chaleur se répandoient de même. Ce temps d'incandescence a duré tant que la planète n'a pas été consolidée jusqu'au centre, c'est-à-dire environ 2936 ans pour la terre, 644 ans pour la lune, 2127 ans pour Mercure, 1130 ans pour Mars, 3596 ans pour Vénus, 5140 ans pour Saturne, et 9433 ans pour Jupiter.

Les satellites de ces deux grosses planètes, aussi bien que l'anneau qui environne Saturne, lesquels sont tous dans le plan de l'équateur de leur planète principale, avoient été projetés, dans le temps de la liquéfaction, par la force centrifuge de ces grosses planètes, qui tournent sur elles-mêmes avec une

prodigieuse rapidité : la terre, dont la vitesse de rotation est d'environ 9000 lieues pour vingt-quatre heures, c'est-à-dire de six lieues un quart par minute, a, dans ce même temps, projeté hors d'elle les parties les moins denses de son équateur, lesquelles se sont rassemblées par leur attraction mutuelle à 85000 lieues de distance, où elles ont formé le globe de la lune. Je n'avance rien ici qui ne soit confirmé par le fait, lorsque je dis que ce sont les parties les moins denses qui ont été projetées, et qu'elles l'ont été de la région de l'équateur; car l'on sait que la densité de la lune est à celle de la terre comme 702 sont à 1000, c'est-à-dire de plus d'un tiers moindre; et l'on sait aussi que la lune circule autour de la terre dans un plan qui n'est éloigné que de 23 degrés de notre équateur, et que sa distance moyenne est d'environ 85000 lieues.

Dans Jupiter, qui tourne sur lui-même en dix heures, et dont la circonférence est onze fois plus grande que celle de la terre, et la vitesse de rotation de 165 lieues par minute, cette énorme force centrifuge a projeté un grand torrent de matière de différents degrés de densité, dans lequel se sont formés les quatre satellites de cette grosse planète, dont l'un, aussi petit que la lune, n'est qu'à 89500 lieues de distance, c'est-à-dire presque aussi voisin de Jupiter que la lune l'est de la terre; le second, dont la matière étoit un peu moins dense que celle du premier, et qui est environ gros comme Mercure, s'est formé à 141300 lieues; le troisième, composé de parties encore moins denses, et qui est à peu près grand comme Mars, s'est formé à 225800 lieues; et enfin le quatrième, dont la matière étoit la plus légère de toutes, a été projeté encore plus loin, et ne s'est rassemblé qu'à 397877 lieues; et tous les quatre se trouvent, à très peu près, dans le plan de l'équateur de leur planète principale, et circulent dans le même sens autour d'elle[1]. Au reste, la matière qui compose le globe de Ju-

[1] M. Bailly a montré, par des raisons très plausibles, tirées du mouvement des nœuds des satellites de Jupiter, que le premier de ces satellites circule dans le plan même de l'équateur de cette planète, et que les trois autres ne s'en écartent pas d'un degré. (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1766.)

piter est elle-même beaucoup moins dense que celle de la terre. Les planètes voisines du soleil sont les plus denses; celles qui en sont les plus éloignées sont en même temps les plus légères : la densité de la terre est à celle de Jupiter comme 1000 sont à 292; et il est à présumer que la matière qui compose ses satellites est encore moins dense que celle dont il est lui-même composé[1].

Saturne, qui probablement tourne sur lui-même encore plus vite que Jupiter, a non-seulement produit cinq satellites, mais encore un anneau qui, d'après mon hypothèse, doit être parallèle à son équateur, et qui l'environne comme un pont suspendu et continu à 54000 lieues de distance : cet anneau, beaucoup plus large qu'épais, est composé d'une matière solide, opaque et semblable à celle des satellites; il s'est trouvé dans le même état de fusion, et ensuite d'incandescence. Chacun de ces vastes corps a conservé cette chaleur primitive, en raison composée de leur épaisseur et de leur densité; en sorte que l'anneau de Saturne, qui paroît être le moins épais de tous les corps célestes, est celui qui auroit perdu le premier sa chaleur propre, s'il n'eût pas tiré de très grands suppléments de chaleur de Saturne même, dont il est fort voisin; ensuite la lune et les premiers satellites de Saturne et de Jupiter, qui sont les plus petits des globes planétaires, auroient perdu leur chaleur propre, dans des temps toujours proportionnels à leur diamètre; après quoi les plus gros satellites auroient de même perdu leur chaleur, et tous seroient aujourd'hui plus refroidis que le globe de la terre, si plusieurs d'entre eux n'avoient pas reçu de leur planète principale une chaleur immense dans les commencements : enfin les deux grosses planètes, Saturne et Jupiter, conservent encore actuellement une très grande chaleur en comparaison de celle de leurs satellites, et même de celle du globe de la terre.

Mars, dont la durée de rotation est de vingt-quatre heures

[1] J'ai, par analogie, donné aux satellites de Jupiter et de Saturne la même densité relative qui se trouve entre la terre et la lune, c'est-à-dire de 1000 à 702. (Voyez le premier mémoire *sur la température des planètes*.)

quarante minutes, et dont la circonférence n'est que de treize vingt-cinquièmes de celle de la terre, tourne une fois plus lentement que le globe terrestre, sa vitesse de rotation n'étant guère que de trois lieues par minute; par conséquent sa force centrifuge a toujours été moindre de plus de moitié que celle du globe terrestre : c'est par cette raison que Mars, quoique moins dense que la terre dans le rapport de 730 à 1000, n'a point de satellite.

Mercure, dont la densité est à celle de la terre comme 2040 sont à 1000, n'auroit pu produire un satellite que par une force centrifuge plus que double de celle du globe de la terre; mais, quoique la durée de sa rotation n'ait pu être observée par les astronomes, il est plus que probable qu'au lieu d'être double de celle de la terre, elle est, au contraire, beaucoup moindre. Ainsi l'on peut croire avec fondement que Mercure n'a point de satellite.

Vénus pourroit en avoir un; car, étant un peu moins épaisse que la terre dans la raison de 17 à 18, et tournant un peu plus vite dans le rapport de 23 heures 20 minutes à 23 heures 56 minutes, sa vitesse est de plus de six lieues trois quarts par minute, et par conséquent sa force centrifuge d'environ un treizième plus grand que celle de la terre. Cette planète auroit donc pu produire un ou deux satellites dans le temps de sa liquéfaction, si sa densité, plus grande que celle de la terre, dans la raison de 1270 à 1000, c'est-à-dire de plus de 5 contre 4, ne se fût pas opposée à la séparation et à la projection de ses parties même les plus liquides; et ce pourroit être par cette raison que Vénus n'auroit point de satellite, quoiqu'il y ait des observateurs qui prétendent en avoir aperçu un autour de cette planète.

A tous ces faits que je viens d'exposer on doit en ajouter un qui m'a été communiqué par M. Bailly, savant physicien astronome de l'Académie des Sciences. La surface de Jupiter est, comme l'on sait, sujette à des changements sensibles, qui semblent indiquer que cette grosse planète est encore dans un état d'incandescence et de bouillonnement. Prenant donc,

dans mon système de l'incandescence générale et du refroidissement des planètes, les deux extrêmes, c'est-à-dire Jupiter comme le plus gros, et la lune comme le plus petit de tous les corps planétaires, il se trouve que le premier, qui n'a pas eu encore le temps de se refroidir et de prendre une consistance entière, nous présente à sa surface les effets du mouvement intérieur dont il est agité par le feu; tandis que la lune, qui, par sa petitesse, a dû se refroidir en peu de siècles, ne nous offre qu'un calme parfait, c'est-à-dire une surface qui est toujours la même, et sur laquelle l'on n'aperçoit ni mouvement ni changement. Ces deux faits connus des astronomes se joignent aux autres analogies que j'ai présentées sur ce sujet, et ajoutent un petit degré de plus à la probabilité de mon hypothèse.

Par la comparaison que nous avons faite de la chaleur des planètes à celle de la terre, on a vu que le temps de l'incandescence pour le globe terrestre a duré deux mille neuf cent trente-six ans; que celui de sa chaleur, au point de pouvoir le toucher, a été de trente-quatre mille deux cent soixante-dix ans, ce qui fait en tout trente-sept mille deux cent six ans; et que c'est le premier moment de la naissance possible de la nature vivante. Jusqu'alors les éléments de l'air et de l'eau étoient encore confondus, et ne pouvoient se séparer ni s'appuyer sur la surface brûlante de la terre, qui les dissipoit en vapeurs; mais, dès que cette ardeur se fut attiédie, une chaleur bénigne et féconde succéda par degrés au feu dévorant qui s'opposoit à toute production, et même à l'établissement des éléments. Celui du feu, dans ce premier temps, s'étoit pour ainsi dire emparé des trois autres, aucun n'existoit à part : la terre, l'air et l'eau, pétris de feu et confondus ensemble, n'offroient, au lieu de leurs formes distinctes, qu'une masse brûlante environnée de vapeurs enflammées. Ce n'est donc qu'après trente-sept mille ans que les gens de la terre doivent dater les actes de leur monde, et compter les faits de la nature organisée.

Il faut rapporter à cette première époque ce que j'ai écrit

de l'état du ciel, dans mes mémoires sur la température des planètes. Toutes, au commencement, étoient brillantes et lumineuses; chacune formoit un petit soleil[1], dont la chaleur et la lumière ont diminué peu à peu et se sont dissipées successivement dans le rapport des temps, que j'ai ci-devant indiqué, d'après mes expériences sur le refroidissement des corps en général, dont la durée est toujours à très peu près proportionnelle à leurs diamètres et à leur densité[2].

Les planètes, ainsi que leurs satellites, se sont donc refroidies les unes plus tôt et les autres plus tard; et, en perdant partie de leur chaleur, elles ont perdu toute leur lumière propre. Le soleil seul s'est maintenu dans sa splendeur, parce qu'il est le seul autour duquel circulent un assez grand nombre de corps pour en entretenir la lumière, la chaleur et le feu.

Mais sans insister plus long-temps sur ces objets, qui paroissent si loin de notre vue, rabaissons-là sur le seul globe de la terre. Passons à la seconde époque, c'est-à-dire au temps où la matière qui le compose, s'étant consolidée, a formé les grandes masses des matières vitrescibles.

Je dois seulement répondre à une espèce d'objection que l'on m'a déjà faite sur la très longue durée du temps. Pourquoi nous jeter, m'a-t-on dit, dans un espace aussi vague qu'une durée de cent soixante-huit mille ans? car, à la vue de notre tableau, la terre est âgée de soixante-quinze mille ans, et la nature vivante doit subsister encore pendant quatre-vingt-treize mille ans: est-il aisé, est-il même possible de se former une idée du tout ou des parties d'une aussi longue suite de siècles? Je n'ai d'autre réponse que l'exposition des monuments et la considération des ouvrages de la nature: j'en donnerai le détail et les dates dans les époques qui vont suivre celle-ci, et l'on verra que, bien loin d'avoir augmenté sans

[1] Jupiter, lorsqu'il est le plus près de la terre, nous paroît sous un angle de 59 ou 60 secondes; il formoit donc un soleil dont le diamètre n'étoit que trente-une fois plus petite que celui de notre soleil.

[2] Voyez le premier et le second mémoire *sur les progrès de la chaleur*, et les recherches *sur la température des planètes*.

nécessité la durée du temps, je l'ai peut-être beaucoup trop raccourcie.

Eh! pourquoi l'esprit humain semble-t-il se perdre dans l'espace de la durée, plutôt que dans celui de l'étendue, ou dans la considération des mesures, des poids et des nombres? pourquoi cent mille ans sont-ils plus difficiles à concevoir et à compter que cent mille livres de monnoie? Seroit-ce parce que la somme du temps ne peut se palper ni se réaliser en espèces visibles? ou plutôt n'est-ce pas qu'étant accoutumés par notre trop courte existence à regarder cent ans comme une grosse somme de temps, nous avons peine à nous former une idée de mille ans, et ne pouvons plus nous représenter dix mille ans, ni même en concevoir cent mille? Le seul moyen est de diviser en plusieurs parties ces longues périodes de temps, de comparer par la vue de l'esprit la durée de chacune de ces parties avec les grands effets et surtout avec les constructions de la nature, se faire des aperçus sur le nombre des siècles qu'il a fallu pour produire tous les animaux à coquilles dont la terre est remplie, ensuite sur le nombre encore plus grand des siècles qui se sont écoulés pour le transport et le dépôt de ces coquilles et de leurs détriments, enfin sur le nombre des autres siècles subséquents, nécessaires à la pétrification et au desséchement de ces matières; et dès lors on sentira que cette énorme durée de soixante-quinze mille ans, que j'ai comptés depuis la formation de la terre jusqu'à son état actuel, n'est pas encore assez étendue pour tous les grands ouvrages de la nature, dont la construction nous démontre qu'ils n'ont pu se faire que par une succession lente de mouvements réglés et constants.

Pour rendre cet aperçu plus sensible, donnons un exemple; cherchons combien il a fallu de temps pour la construction d'une colline d'argile de mille toises de hauteur. Les sédiments successifs des eaux ont formé toutes les couches dont la colline est composée depuis la base jusqu'à son sommet. Or nous pouvons juger du dépôt successif et journalier des eaux par les feuillets des ardoises; ils sont si minces qu'on peut en

compter une douzaine dans une ligne d'épaisseur. Supposons donc que chaque marée dépose un sédiment d'un douzième de ligne d'épaisseur, c'est-à-dire d'un sixième de ligne chaque jour : le dépôt augmentera d'une ligne en six jours, de six lignes en trente-six jours, et d'environ cinq pouces en un an ; ce qui donne plus de quatorze mille ans pour le temps nécessaire à la composition d'une colline de glaise de mille toises de hauteur : ce temps paroîtra même trop court si on le compare avec ce qui se passe sous nos yeux sur certains rivages de la mer, où elle dépose des limons et des argiles, comme sur les côtes de Normandie[1] ; car le dépôt n'augmente qu'insensiblement et de beaucoup moins de cinq pouces par an. Et si cette colline d'argile est couronnée de rochers calcaires, la durée du temps, que je réduis à quatorze mille ans, ne doit-elle pas être augmentée de celui qui a été nécessaire pour le transport des coquillages dont la colline est surmontée ? et cette durée si longue n'a-t-elle pas encore été suivie du temps nécessaire à la pétrification et au desséchement de ces sédiments, et encore d'un temps tout aussi long pour la figuration de la colline par angles saillants et rentrants ? J'ai cru devoir entrer d'avance dans ce détail, afin de démontrer qu'au lieu de reculer trop loin les limites de la durée, je les ai rapprochées autant qu'il m'a été possible, sans contredire évidemment les faits consignés dans les archives de la nature.

[1] Chaque marée montante apporte et répand sur tout le rivage un limon impalpable, qui ajoute une nouvelle feuille aux anciennes, d'où il résulte, par la succession des temps, un schiste tendre et feuilleté. (*Add. Buff.*)

SECONDE ÉPOQUE.

Lorsque la matière, s'étant consolidée, a formé la roche intérieure du globe, ainsi que les grandes masses vitrescibles qui sont à sa surface.

On vient de voir que, dans notre hypothèse, il a dû s'écouler deux mille neuf cent trente-six ans avant que le globe terrestre ait pu prendre toute sa consistance, et que sa masse entière se soit consolidée jusqu'au centre. Comparons les effets de cette consolidation du globe de la terre en fusion à ce que nous voyons arriver à une masse de métal ou de verre fondu, lorsqu'elle commence à se refroidir : il se forme à la surface de ces masses des trous, des ondes, des aspérités; et au-dessous de la surface il se fait des vides, des cavités, des boursouflures, lesquelles peuvent nous représenter ici les premières inégalités qui se sont trouvées sur la surface de la terre et les cavités de son intérieur : nous aurons dès-lors une idée du grand nombre de montagnes, de vallées, de cavernes et d'anfractuosités, qui se sont formées dès ce premier temps dans les couches extérieures de la terre. Notre comparaison est d'autant plus exacte, que les montagnes les plus élevées, que je suppose de trois mille ou trois mille cinq cents toises de hauteur, ne sont, par rapport au diamètre de la terre, que ce qu'un huitième de ligne est par rapport au diamètre d'un globe de deux pieds. Ainsi ces chaînes de montagnes qui nous paroissent si prodigieuses tant par le volume que par la hauteur, ces vallées de la mer qui semblent être des abîmes de profondeur, ne sont, dans la réalité, que de légères inégalités proportionnées à la grosseur du globe, et qui ne pouvoient manquer de se former lorsqu'il prenoit sa consistance : ce sont des effets naturels produits par une cause tout aussi naturelle et fort simple, c'est-à-dire par l'action du refroidissement sur les matières en fusion lorsqu'elles se consolident à la surface.

C'est alors que se sont formés les éléments par le refroidis-

sement et pendant ses progrès : car, à cette époque, et même long-temps après, tant que la chaleur excessive a duré, il s'est fait une séparation et même une projection de toutes les parties volatiles, telles que l'eau, l'air et les autres substances que la grande chaleur chasse au-dehors, et qui ne peuvent exister que dans une région plus tempérée que ne l'étoit alors la surface de la terre. Toutes ces matières volatiles s'étendoient donc autour du globe en forme d'atmosphère à une grande distance où la chaleur étoit moins forte, tandis que les matières fixes, fondues et vitrifiées, s'étant consolidées, formèrent la roche intérieure du globe et le noyau des grandes montagnes, dont les sommets, les masses intérieures et les bases sont en effet composés de matières vitrescibles. Ainsi le premier établissement local des grandes chaînes de montagnes appartient à cette seconde époque, qui a précédé de plusieurs siècles celle de la formation des montagnes calcaires, lesquelles n'ont existé qu'après l'établissement des eaux, puisque leur composition suppose la production des coquillages et des autres substances que la mer fomente et nourrit. Tant que la surface du globe n'a pas été refroidie au point de permettre à l'eau d'y séjourner sans s'exhaler en vapeurs, toutes nos mers étoient dans l'atmosphère; elles n'ont pu tomber et s'établir sur la terre qu'au moment où sa surface s'est trouvée assez attiédie pour ne plus rejeter l'eau par une trop forte ébullition. Et ce temps de l'établissement des eaux sur la surface du globe n'a précédé que de peu de siècles le moment où l'on auroit pu toucher cette surface sans se brûler; de sorte qu'en comptant soixante-quinze mille ans depuis la formation de la terre, et la moitié de ce temps pour son refroidissement au point de pouvoir la toucher, il s'est peut-être passé vingt-cinq mille des premières années avant que l'eau, toujours rejetée dans l'atmosphère, ait pu s'établir à demeure sur la surface du globe; car, quoiqu'il y ait une assez grande différence entre le degré auquel l'eau chaude cesse de nous offenser et celui où elle entre en ébullition, et qu'il y ait encore une distance considérable entre ce premier degré d'ébullition et celui où elle se

disperse subitement en vapeurs, on peut néanmoins assurer que cette différence de temps ne peut pas être plus grande que je l'admets ici.

Ainsi, dans ces premières vingt-cinq mille années, le globe terrestre, d'abord lumineux et chaud comme le soleil, n'a perdu que peu à peu sa lumière et son feu : son état d'incandescence a duré pendant deux mille neuf cent trente-six ans, puisqu'il a fallu ce temps pour qu'il ait été consolidé jusqu'au centre. Ensuite les matières fixes dont il est composé sont devenues encore plus fixes en se resserrant de plus en plus par le refroidissement ; elles ont pris peu à peu leur nature et leur consistance telle que nous la reconnoissons aujourd'hui dans la roche du globe et dans les hautes montagnes, qui ne sont en effet composées, dans leur intérieur et jusqu'à leur sommet, que de matières de la même nature. Ainsi leur origine date de cette même époque.

C'est aussi dans les premiers trente-sept mille ans que se sont formés, par la sublimation, toutes les grandes veines et les gros filons de mines où se trouvent les métaux. Les substances métalliques ont été séparées des autres matières vitrescibles par la chaleur longue et constante qui les a sublimées et poussées de l'intérieur de la masse du globe dans toutes les éminences de sa surface, où le resserrement des matières causé par un plus prompt refroidissement laissoit des fentes et des cavités qui ont été incrustées et quelquefois remplies par ces substances métalliques que nous y trouvons aujourd'hui [1] ; car

[1] « Les veines métalliques, dit M. Eller, se trouvent seulement dans les endroits élevés, en une longue suite de montagnes : cette chaîne de montagnes suppose toujours pour son soutien une base de *roche dure*. Tant que ce roc conserve sa continuité, il n'y a guère apparence qu'on y découvre quelques filons métalliques ; mais quand on rencontre des crevasses ou des fentes, on espère d'en découvrir. Les physiciens minéralogistes ont remarqué qu'en Allemagne la situation la plus favorable est lorsque la chaîne de montagnes, s'élevant petit à petit, se dirige vers le sud-est, et qu'ayant atteint sa plus grande élévation, elle descend insensiblement vers le nord-ouest.

« C'est ordinairement un *roc sauvage*, dont l'étendue est quelquefois presque sans bornes, mais qui est fendu et entr'ouvert en divers endroits, qui contient les métaux quelquefois purs, mais presque toujours minéralisés :

il faut, à l'égard de l'origine des mines, faire la même distinction que nous avons indiquée pour l'origine des matières vitrescibles et des matières calcaires, dont les premières ont été produites par l'action du feu, et les autres par l'intermède de l'eau. Dans les mines métalliques, les principaux filons, ou, si l'on veut, les masses primordiales ont été produites par

ces fentes sont tapissées pour l'ordinaire d'une terre blanche et luisante, que les mineurs appellent *quartz*, et qu'ils nomment *spath* lorsque cette terre est plus pesante, mais mollasse et feuilletée à peu près comme le talc: elle est enveloppée en dehors, vers le roc, de l'espèce de limon qui paroît fournir la nourriture à ces terres quartzeuses ou spatheuses; ces deux enveloppes sont comme la gaîne ou l'étui du filon; plus il est perpendiculaire, et plus on doit espérer; et toutes les fois que les mineurs voient que le filon est perpendiculaire, ils disent qu'il va s'ennoblir.

« Les métaux sont formés dans toutes ces fentes et cavernes par une évaporation continuelle et assez violente: les vapeurs des mines démontrent cette évaporation encore subsistante; les fentes qui n'en exhalent point sont ordinairement stériles: la marque la plus sûre que les vapeurs exhalantes portent des atomes ou des molécules minérales, et qu'elles les appliquent partout aux parois des crevasses du roc, c'est cette incrustation successive qu'on remarque dans toute la circonférence de ces fentes ou de ces creux de roches, jusqu'à ce que la capacité en soit entièrement remplie et le filon solidement formé; ce qui est encore confirmé par les outils qu'on oublie dans les creux, et qu'on retrouve ensuite couverts et incrustés de la mine, plusieurs années après.

« Les fentes du roc qui fournissent une veine métallique abondante inclinent toujours ou poussent leur direction vers la perpendiculaire de la terre; à mesure que les mineurs descendent, ils rencontrent une température d'air toujours plus chaude, et quelquefois des exhalaisons si abondantes et si nuisibles à la respiration, qu'ils se trouvent forcés de se retirer au plus vite vers les puits ou vers la galerie, pour éviter la suffocation que les parties sulfureuses et arsenicales leur causeroient à l'instant. Le soufre et l'arsenic se trouvent généralement dans toutes les mines de quatre métaux imparfaits et de tous les demi-métaux, et c'est par eux qu'ils sont minéralisés.

« Il n'y a que l'or, et quelquefois l'argent et le cuivre, qui se trouvent natifs en petite quantité, mais, pour l'ordinaire, le cuivre, le fer, le plomb et l'étain, lorsqu'ils se tirent des filons, sont minéralisés avec le soufre et l'arsenic. On sait, par expérience, que les métaux perdent leur forme métallique à un certain degré de chaleur relatif à chaque espèce de métal: cette destruction de la forme métallique, que subissent les quatre métaux imparfaits, nous apprend que la base des métaux est une matière terrestre; et comme ces chaux métalliques se vitrifient à un certain degré de chaleur, ainsi que les terres calcaires, gypseuses, etc., nous ne pouvons pas douter que la terre métallique ne soit du nombre des terres vitrifiables. » (Extrait du Mémoire de M. Eller *sur l'origine et la génération des métaux*, dans le Recueil de l'Académie de Berlin, année 1753.) (*Add. Buff.*)

la fusion et par la sublimation, c'est-à-dire par l'action du feu; et les autres mines, qu'on doit regarder comme des filons secondaires et parasites, n'ont été produites que postérieurement par le moyen de l'eau. Ces filons principaux, qui semblent présenter les troncs des arbres métalliques, ayant tous été formés soit par la fusion, dans le temps du feu primitif, soit par la sublimation, dans les temps subséquents, ils se sont trouvés et se trouvent encore aujourd'hui dans les fentes perpendiculaires des hautes montagnes; tandis que c'est au pied de ces mêmes montagnes que gisent les petits filons, que l'on prendroit d'abord pour les rameaux de ces arbres métalliques, mais dont l'origine est néanmoins bien différente; car ces mines secondaires n'ont pas été formées par le feu, elles ont été produites par l'action successive de l'eau, qui, dans des temps postérieurs aux premiers, a détaché de ces anciens filons des particules minérales, qu'elle a charriées et déposées sous différentes formes, et toujours au-dessous des filons primitifs[1].

Ainsi la production de ces mines secondaires étant bien plus

[1] M. Lehman, célèbre chimiste, est le seul qui ait soupçonné une double origine aux mines métalliques; il distingue judicieusement les montagnes à filons des montagnes à couches : « L'or et l'argent, dit-il, ne se trouvent en masse que dans les montagnes à filons; le fer ne se trouve guère que dans les montagnes à couches : tous les morceaux ou petites parcelles d'or et d'argent qu'on trouve dans les montagnes à couches n'y sont que répandus, et ont été détachés de filons qui sont dans les montagnes supérieures et voisines de ces couches.

« L'or n'est jamais minéralisé; il se trouve toujours natif ou vierge, c'est-à-dire tout formé dans sa matrice, quoique souvent il y soit répandu en particules si déliées, qu'on chercheroit vainement à le reconnoître, même avec les meilleurs microscopes. On ne trouve point d'or dans les montagnes à couches; il est aussi assez rare qu'on y trouve de l'argent; ces deux métaux appartiennent de préférence aux montagnes à filons : on a néanmoins trouvé quelquefois de l'argent en petits feuillets ou sous la forme de cheveux dans de l'ardoise : il est moins rare de trouver du cuivre natif sur de l'ardoise, et communément ce cuivre natif est aussi en forme de filets ou de cheveux.

« Les mines de fer se reproduisent peu d'années après avoir été fouillées; elles ne se trouvent point dans les montagnes à filons, mais dans les montagnes à couches : on n'a point encore trouvé de fer natif dans les montagnes à couches, ou du moins c'est une chose très rare.

« Quant à l'étain natif, il n'en existe point qui ait été produit par la nature

récente que celle des mines primordiales, et supposant le concours et l'intermède de l'eau, leur formation doit, comme celle des matières calcaires, se rapporter à des époques subséquentes, c'est-à-dire au temps où la chaleur brûlante s'étant

sans le secours du feu; et la chose est aussi très douteuse pour le plomb, quoiqu'on prétende que les grains de plomb de Massel en Silésie sont de plomb natif.

« On trouve le mercure vierge et coulant dans les couches de terre argileuses et grasses, ou dans les ardoises.

« Les mines d'argent qui se trouvent dans les ardoises ne sont pas, à beaucoup près, aussi riches que celles qui se trouvent dans les montagnes à filons : ce métal ne se trouve guère qu'en particules déliées, en filets, ou en végétations, dans ces couches d'ardoises ou de schistes, mais jamais en grosses mines; et encore faut-il que ces couches d'ardoises soient voisines des montagnes à filons. Toutes les mines d'argent qui se trouvent dans les couches ne sont pas sous une forme solide et compacte; toutes les autres mines qui contiennent de l'argent en abondance se trouvent dans les montagnes à filons. Le cuivre se trouve abondamment dans les couches d'ardoises, et quelquefois aussi dans les charbons de terre.

« L'étain est le métal qui se trouve le plus rarement répandu dans les couches. Le plomb s'y trouve plus communément : on en rencontre sous la forme de galène, attaché aux ardoises; mais on en trouve que très rarement avec les charbons de terre.

« Le fer est presque universellement répandu, et se trouve dans les couches sous un grand nombre de formes différentes.

« Le cinabre, le cobalt, le bismuth et la calamine se trouvent aussi assez communément dans les couches. » (Lehman, tome III, pages 381 et suiv.)

« Les charbons de terre, le jayet, le succin, la terre alumineuse, ont été produits par des végétaux, et surtout par des arbres résineux qui ont été ensevelis dans le sein de la terre, et qui ont souffert une décomposition plus ou moins grande; car on trouve, au-dessus des mines de charbon de terre, très souvent du bois qui n'est point du tout décomposé, et qui l'est davantage à mesure qu'il est plus enfoncé en terre. L'ardoise, qui sert de toit ou de couverture au charbon, est souvent remplie des empreintes de plantes qui accompagnent ordinairement les forêts, telles que les fougères, les capillaires, etc. Ce qu'il y a de remarquable c'est que ces plantes dont on trouve les empreintes sont toutes étrangères, et les bois paroissent aussi des bois étrangers. Le succin, qu'on doit regarder comme une résine végétale, renferme souvent des insectes qui, considérés attentivement, n'appartiennent point au climat où on les rencontre présentement : enfin la terre alumineuse est souvent feuilletée, et ressemble à du bois, tantôt plus, tantôt moins décomposé. » (*Idem, ibidem.*)

« Le soufre, l'alun, le sel ammoniac, se trouvent dans les couches formées par les volcans.

« Le pétrole, le naphte, indiquent un feu actuellement allumé sous la terre, qui met, pour ainsi dire, le charbon de terre en distillation : on a des exemples de ces embrasements souterrains, qui n'agissent qu'en silence dans des

attiédie, la température de la surface de la terre a permis aux eaux de s'établir, et ensuite au temps où ces mêmes eaux ayant laissé nos continents à découvert, les vapeurs ont commencé à se condenser contre les montagnes pour y produire des sources d'eau courante. Mais, avant ce second et ce troisième temps, il y a eu d'autres grands effets que nous devons indiquer.

Représentons-nous, s'il est possible, l'aspect qu'offroit la terre à cette seconde époque, c'est-à-dire immédiatement après que sa surface eut pris de la consistance, et avant que la grande chaleur permît à l'eau d'y séjourner, ni même de tomber de l'atmosphère : les plaines, les montagnes, ainsi que l'intérieur du globe, étoient également et uniquement composées de matières fondues par le feu, toutes vitrifiées, toutes de la même nature. Qu'on se figure pour un instant la surface actuelle du globe, dépouillée de toutes ses mers, de toutes ses collines calcaires, ainsi que de toutes ses couches horizontales de pierre, de craie, de tuf, de terre végétale, d'argile, en un mot de toutes les matières liquides ou solides qui ont été formées ou déposées par les eaux : quelle seroit cette surface après l'enlèvement de ces immenses déblais ? Il ne resteroit que le squelette de la terre, c'est-à-dire la roche vitrescible qui en constitue la masse intérieure ; il resteroit les fentes perpendiculaires produites dans le temps de la consolidation, augmentées, élargies par le refroidissement ; il resteroit les métaux et les minéraux fixes, qui, séparés de la roche vitrescible par l'action du feu, ont rempli, par fusion ou par sublimation, les fentes perpendiculaires de ces prolongements de la roche intérieure du globe, et enfin il resteroit les trous, les anfractuosités et toutes les cavités intérieures de cette roche

mines de charbon de terre, en Angleterre et en Allemagne, lesquelles brûlent depuis très long-temps sans explosion ; et c'est dans le voisinage de ces embrasements souterrains qu'on trouve des eaux chaudes thermales.

« Les montagnes qui contiennent les filons ne renferment point de charbon de terre, ni des substances bitumineuses et combustibles ; ces substances ne se trouvent jamais que dans les montagnes à couches. » (*Notes sur Lehman*, par M. le baron d'Holbach, tome III, page 435. (*Add. Buff.*)

qui en est la base, et qui sert de soutien à toutes les matières terrestres amenées ensuite par les eaux.

Et comme ces fentes occasionées par le refroidissement coupent et tranchent le plan vertical des montagnes non-seulement de haut en bas, mais de devant en arrière, ou d'un côté à l'autre, et que dans chaque montagne elles ont suivi la direction générale de sa première forme, il en a résulté que les mines, surtout celles des métaux précieux, doivent se chercher à la boussole, en suivant toujours la direction qu'indique la découverte du premier filon; car dans chaque montagne les fentes perpendiculaires qui la traversent sont à peu près parallèles: néanmoins il n'en faut pas conclure, comme l'ont fait quelques minéralogistes, qu'on doive toujours chercher les métaux dans la même direction, par exemple sur la ligne de onze heures ou sur celle de midi; car souvent une mine de midi ou de onze heures se trouve coupée par un filon de huit ou neuf heures, etc., qui étend des rameaux sous différentes directions; et d'ailleurs on voit que, suivant la forme différente de chaque montagne, les fentes perpendiculaires la traversent, à la vérité, parallèlement entre elles, mais que leur direction, quoique commune dans le même lieu, n'a rien de commun avec la direction des fentes perpendiculaires d'une autre montagne, à moins que cette seconde montagne ne soit parallèle à la première.

Les métaux et la plupart des minéraux métalliques sont donc l'ouvrage du feu, puisqu'on ne les trouve que dans les fentes de la roche vitrescible, et que, dans ces mines primordiales, l'on ne voit jamais ni coquilles ni aucun autre débris de la mer mélangés avec elles. Les mines secondaires, qui se trouvent au contraire, et en petite quantité, dans les pierres calcaires, dans les schistes, dans les argiles, ont été formées postérieurement, aux dépens des premières et par l'intermède de l'eau. Les paillettes d'or et d'argent que quelques rivières charrient viennent certainement de ces premiers filons métalliques renfermés dans les montagnes supérieures: des particules métalliques encore plus petites et plus ténues peuvent,

en se rassemblant, former de nouvelles petites mines des mêmes métaux; mais ces mines parasites, qui prennent mille formes différentes, appartiennent, comme je l'ai dit, à des temps bien modernes en comparaison de celui de la formation des premiers filons qui ont été produits par l'action du feu primitif. L'or et l'argent, qui peuvent demeurer très long-temps en fusion sans être sensiblement altérés, se présentent souvent sous leur forme native: tous les autres métaux ne se présentent communément que sous une forme minéralisée, parce qu'ils ont été formés plus tard par la combinaison de l'air et de l'eau qui sont entrés dans leur composition. Au reste, tous les métaux sont susceptibles d'être volatilisés par le feu à différents degrés de chaleur, en sorte qu'ils se sont sublimés successivement pendant le progrès du refroidissement.

On peut penser que s'il se trouve moins de mines d'or et d'argent dans les terres septentrionales que dans les contrées du midi, c'est que communément il n'y a dans les terres du nord que de petites montagnes en comparaison de celles des pays méridionaux: la matière primitive, c'est-à-dire la roche vitreuse, dans laquelle seule se sont formés l'or et l'argent, est bien plus abondante, bien plus élevée, bien plus découverte, dans les contrées du midi. Ces métaux précieux paroissent être le produit immédiat du feu: les gangues et les autres matières qui les accompagnent dans leur mine sont elles-mêmes des matières vitrescibles; et comme les veines de ces métaux se sont formées soit par la fusion, soit par la sublimation, dans les premiers temps du refroidissement, ils se trouvent en plus grande quantité dans les hautes montagnes du midi. Les métaux moins parfaits, tels que le fer et le cuivre, qui sont moins fixes au feu, parce qu'ils contiennent des matières que le feu peut volatiliser plus aisément, se sont formés dans des temps postérieurs: aussi les trouve-t-on en bien plus grande quantité dans les pays du nord que dans ceux du midi. Il semble même que la nature ait assigné aux différents climats du globe les différents métaux; l'or et l'argent aux régions les plus chaudes, le fer et le cuivre aux pays les plus froids, et le

plomb et l'étain aux contrées tempérées : il semble de même qu'elle ait établi l'or et l'argent dans les plus hautes montagnes, le fer et le cuivre dans les montagnes médiocres, et le plomb et l'étain dans les plus basses. Il paroît encore que, quoique ces mines primordiales des différents métaux se trouvent toutes dans la roche vitrescible, celles d'or et d'argent sont quelquefois mélangées d'autres métaux, que le fer et le cuivre sont souvent accompagnés de matières qui supposent l'intermède de l'eau, ce qui semble prouver qu'ils n'ont pas été produits en même temps; et à l'égard de l'étain, du plomb et du mercure, il y a des différences qui semblent indiquer qu'ils ont été produits dans des temps très différents. Le plomb est le plus vitrescible de tous les métaux, et l'étain l'est le moins : le mercure est le plus volatil de tous; et cependant il ne diffère de l'or, qui est le plus fixe de tous, que par le degré de feu que leur sublimation exige; car l'or, ainsi que tous les autres métaux, peuvent également être volatilisés par une plus ou moins grande chaleur. Ainsi tous les métaux ont été sublimés ou volatilisés successivement pendant le progrès du refroidissement. Et comme il ne faut qu'une très légère chaleur pour volatiliser le mercure, et qu'une chaleur médiocre suffit pour fondre l'étain et le plomb, ces deux métaux sont demeurés liquides et coulants bien plus long-temps que les quatre premiers : et le mercure l'est encore, parce que la chaleur actuelle de la terre est plus que suffisante pour le tenir en fusion : il ne deviendra solide que quand le globe sera refroidi d'un cinquième de plus qu'il ne l'est aujourd'hui, puisqu'il faut 199 degrés au-dessous de la température actuelle de la terre pour que ce métal fluide se consolide; ce qui fait à peu près la cinquième partie des 1000 degrés au-dessous de la congélation.

Le plomb, l'étain et le mercure ont donc coulé successivement par leur fluidité, dans les parties les plus basses de la roche du globe, et ils ont été, comme tous les autres métaux, sublimés dans les fentes des montagnes élevées. Les matières ferrugineuses qui pouvoient supporter une très violente chaleur, sans se fondre assez pour couler, ont formé, dans les

pays du nord, des amas métalliques si considérables, qu'il s'y trouve des montagnes entières de fer [1], c'est-à-dire d'une pierre vitrescible ferrugineuse, qui rend souvent soixante-dix livres de fer par quintal : ce sont là les mines de fer primitives ; elles occupent de très vastes espaces dans les contrées de notre nord ; et leur substance n'étant que du fer produit par l'action du feu, ces mines sont demeurées susceptibles de l'attraction magnétique, comme le sont toutes les matières ferrugineuses qui ont subi le feu.

L'aimant est de cette même nature ; ce n'est qu'une pierre ferrugineuse, dont il se trouve de grandes masses et même des montagnes dans quelques contrées, et particulièrement

[1] Je citerai pour exemple la mine de fer près de Taberg en Smoland, partie de l'île de Gothland en Suède : c'est l'une des plus remarquables de ces mines ou plutôt de ces montagnes de fer, qui toutes ont la propriété de céder à l'attraction de l'aimant, ce qui prouve qu'elles ont été formées par le feu. Cette montagne est dans un sol de sable extrêmement fin ; sa hauteur est de plus de 400 pieds, et son circuit d'une lieue : elle est en entier composée d'une matière ferrugineuse très riche, et l'on y trouve même du fer natif ; autre preuve qu'elle a éprouvé l'action d'un feu violent. Cette mine étant brisée montre à sa fracture de petites parties brillantes, qui tantôt se croisent et tantôt sont disposées par écailles : les petits rochers les plus voisins sont de roc pur (*saxo puro*). On travaille à cette mine depuis environ deux cents ans ; on se sert pour l'exploiter de poudre à canon, et la montagne paroît fort peu diminuée, excepté dans les puits qui sont au pied du côté du vallon.

Il paroît que cette mine n'a point de lits réguliers ; le fer n'y est point non plus partout de la même bonté. Toute la montagne a beaucoup de fentes, tantôt perpendiculaires et tantôt horizontales : elles sont toutes remplies de sable qui ne contient aucun fer ; ce sable est aussi pur et de même espèce que celui des bords de la mer : on trouve quelquefois dans ce sable des os d'animaux et des cornes de cerf ; ce qui prouve qu'il a été amené par le eaux, et que ce n'est qu'après la formation de la montagne de fer par le feu que les sables en ont rempli les crevasses et les fentes perpendiculaires et horizontales.

Les masses de mine que l'on tire tombent aussitôt au pied de la montagne, au lieu que, dans les autres mines, il faut souvent tirer le minéral des entrailles de la terre ; on doit concasser et griller cette mine avant de la mettre au fourneau, où on la fond avec la pierre calcaire et du charbon de bois.

Cette colline de fer est située dans un endroit montagneux fort élevé, éloigné de la mer de près de 80 lieues : il paroît qu'elle étoit autrefois entièrement couverte de sable. (Extrait d'un article de l'ouvrage périodique qui a pour titre : *Nordische Beytrage*, etc. *Contribution du Nord pour les progrès de la physique, des sciences et des arts*. A Altone, chez David Ifers, 1756.) (*Add. Buff.*)

dans celles de notre nord[1] : c'est par cette raison que l'aiguille aimantée se dirige toujours vers ces contrées, où toutes les mines de fer sont magnétiques. Le magnétisme est un effet

[1] On vient de voir, par l'exemple cité dans la note précédente, que la montagne de fer de Taberg s'élève de plus de 400 pieds au-dessus de la surface de la terre. M. Gmelin, dans son *Voyage en Sibérie*, assure que, dans les contrées septentrionales de l'Asie, presque toutes les mines des métaux se trouvent à la surface de la terre, tandis que dans les autres pays elles se trouvent profondément ensevelies dans son intérieur. Si ce fait étoit généralement vrai, ce seroit une nouvelle preuve que les métaux ont été formés par le feu primitif, et que le globe de la terre ayant moins d'épaisseur dans les parties septentrionales, ils s'y sont formés plus près de la surface que dans les contrées méridionales.

Le même M. Gmelin a visité la grande montagne d'aimant qui se trouve en Sibérie, chez les Baschkirs : cette montagne est divisée en huit parties, séparées par des vallons : la septième de ces parties produit de meilleur aimant; le sommet de cette portion de montagne est formé d'une pierre jaunâtre, qui paroît tenir de la nature du jaspe. On y trouve des pierres que l'on prendroit de loin pour du grès, qui pèsent deux mille cinq cents ou trois milliers, mais qui ont toutes la vertu de l'aimant. Quoiqu'elles soient couvertes de mousse, elles ne laissent pas d'attirer le fer et l'acier à la distance de plus d'un pouce : les côtés exposés à l'air ont la plus forte vertu magnétique, ceux qui sont enfoncés en terre en ont beaucoup moins : ces parties les plus exposées aux injures de l'air sont moins dures, et par conséquent moins propres à être armées. Un gros quartier d'aimant de la grandeur qu'on vient de dire est composé de quantité de petits quartiers d'aimant, qui opèrent en différentes directions. Pour les bien travailler, il faudroit les séparer en les sciant, afin que tout le morceau qui renferme la vertu de chaque aimant particulier conservât son intégrité; on obtiendroit vraisemblablement de cette façon des aimants d'une grande force : mais on coupe des morceaux à tout hasard, et il s'en trouve plusieurs qui ne valent rien du tout, soit parce qu'on travaille un morceau de pierre qui n'a point de vertu magnétique, ou qui n'en renferme qu'une petite portion, soit que dans un seul morceau il y ait deux ou trois aimants réunis. A la vérité, ces morceaux ont une vertu magnétique; mais, comme elle n'a pas sa direction vers un même point, il n'est pas étonnant que l'effet d'un pareil aimant soit sujet à bien des variations.

L'aimant de cette montagne, à la réserve de celui qui est exposé à l'air, est d'une grande dureté, taché de noir, et rempli de tubérosités qui ont de petites parties anguleuses, comme on en voit souvent à la surface de la pierre sanguine, dont il ne diffère que par la couleur; mais souvent, au lieu de ces parties anguleuses, on ne voit qu'une espèce de terre d'ocre : en général, les aimants qui ont ces petites parties anguleuses ont moins de vertu que les autres. L'endroit de la montagne où sont les aimants est presque entièrement composé d'une bonne mine de fer, qu'on tire par petits morceaux entre les pierres d'aimant. Toute la section de la montagne la plus élevée renferme une pareille mine; mais plus elle s'abaisse, moins elle contient de métal. Plus bas, au-dessous de la mine d'aimant, il y a d'autres pierres ferrugineuses, mais qui

constant de l'électricité constante, produite par la chaleur intérieure et par la rotation du globe; mais s'il dépendait uniquement de cette cause générale, l'aiguille aimantée pointeroit toujours et partout directement au pôle; or les différentes déclinaisons suivant les différents pays, quoique sous le même parallèle, démontrent que le magnétisme particulier des montagnes de fer et d'aimant influe considérablement sur la direction de l'aiguille, puisqu'elle s'écarte plus ou moins à droite ou à gauche du pôle, selon le lieu où elle se trouve, et selon la distance plus ou moins grande de ces montagnes de fer.

rendroient fort peu de fer, si on vouloit les faire fondre : les morceaux qu'on en tire ont la couleur de métal, et sont très lourds; ils sont inégaux en dedans, et ont presque l'air de scories; ces morceaux ressemblent assez par l'extérieur aux pierres d'aimant; mais ceux qu'on tire à huit brasses au-dessus du roc n'ont plus aucune vertu. Entre ces pierres on trouve d'autres morceaux de roc qui paroissent composés de très petites particules de fer; la pierre par elle-même est pesante, mais fort molle; les particules intérieures ressemblent à une matière brûlée, et elles n'ont que peu ou point de vertu magnétique. On trouve aussi de temps en temps un minerai brun de fer dans des couches épaisses d'un pouce; mais il rend peu de métal. (Extrait de l'*Histoire générale des voyages*, tome XVIII, pages 141 et suivantes.)

Il y a plusieurs autres mines d'aimant en Sibérie dans les monts Poïas. A 10 lieues de la route qui mène de Catherinbourg à Solikamskaia est la montagne de Galazinski; elle a plus de vingt toises de hauteur, et c'est entièrement un rocher d'aimant, d'un brun couleur de fer dur et compacte.

A 20 lieues de Solikamskaia, on trouve un aimant cubique et verdâtre; les cubes en sont d'un brillant vif : quand on les pulvérise, ils se décomposent en paillettes brillantes, couleur de feu. Au reste, on ne trouve l'aimant que dans les chaînes de montagnes dont la direction est du sud au nord. (Extrait de l'*Histoire générale des voyages*, tome XIX, page 472.)

Dans les terres voisines des confins de la Laponie, sur les limites de la Bothnie, à 2 lieues de Cokluanda, on voit une mine de fer dans laquelle on tire des pierres d'aimant tout-à-fait bonnes. « Nous admirâmes avec bien du plaisir, dit le relateur, les effets surprenants de cette pierre, lorsqu'elle est encore dans le lieu natal : il fallut faire beaucoup de violence pour en tirer des pierres aussi considérables que celles que nous voulions avoir; et le marteau dont on se servoit, qui étoit de la grosseur de la cuisse, demeuroit si fixe en tombant sur le ciseau qui étoit dans la pierre, que celui qui frappoit avoit besoin de secours pour le retirer. Je voulus éprouver cela moi-même, et ayant pris une grosse pince de fer, pareille à celle dont on se sert à remuer les corps les plus pesants, et que j'avois de la peine à soutenir, je l'approchai du ciseau, qui l'attira avec une violence extrême, et la soutenoit avec une force inconcevable. Je mis une boussole au milieu du trou où étoit la mine, et l'aiguille tournoit continuellement d'une vitesse incroyable. » (*Œuvres de Regnard*, Paris, 1742, tome I, page 185.) (*Add. Buff.*)

Mais revenons à notre objet principal, à la topographie du globe antérieure à la chute des eaux. Nous n'avons que quelques indices encore subsistants de la première forme de sa surface; les plus hautes montagnes, composées de matières vitrescibles, sont les seuls témoins de cet ancien état: elles étoient alors encore plus élevées qu'elles ne le sont aujourd'hui, car, depuis ce temps, et après l'établissement des eaux, les mouvements de la mer, et ensuite les pluies, les vents, les gelées, les courants d'eau, la chute des torrents, enfin toutes les injures des éléments de l'air et de l'eau, et les secousses des mouvements souterrains, n'ont pas cessé de les dégrader, de les trancher, et même d'en renverser les parties les moins solides; et nous ne pouvons douter que les vallées qui sont au pied de ces montagnes ne fussent bien plus profondes qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Tâchons de donner un aperçu plutôt qu'une énumération de ces éminences primitives du globe. 1° La chaîne des Cordilières ou des montagnes de l'Amérique, qui s'étend depuis la pointe de la Terre-de-Feu jusqu'au nord du Nouveau-Mexique, et aboutit enfin à des régions septentrionales que l'on n'a pas encore reconnues. On peut regarder cette chaîne de montagnes comme continue dans une longueur de plus de 120 degrés, c'est-à-dire de trois mille lieues; car le détroit de Magellan n'est qu'une coupure accidentelle et postérieure à l'établissement local de cette chaîne, dont les plus hauts sommets sont dans la contrée du Pérou, et se rabaissent à peu près également vers le nord et vers le midi : c'est donc sous l'équateur même que se trouvent les parties les plus élevées de cette chaîne primitive des plus hautes montagnes du monde; et nous observerons, comme chose remarquable, que de ce point de l'équateur elles vont en se rabaissant à peu près également vers le nord et vers le midi, et aussi qu'elles arrivent à peu près à la même distance, c'est-à-dire à quinze cents lieues de chaque côté de l'équateur, en sorte qu'il ne reste à chaque extrémité de cette chaîne de montagnes qu'environ 30 degrés, c'est-à-dire sept cent cinquante lieues de mer ou de terre in-

connue vers le pôle austral, et un égal espace dont on a reconnu quelques côtes vers le pôle boréal. Cette chaîne n'est pas précisément sous le même méridien, et ne forme pas une ligne droite; elle se courbe d'abord vers l'est, depuis Baldivia jusqu'à Lima, et sa plus grande déviation se trouve sous le tropique du Capricorne; ensuite elle avance vers l'ouest, retourne à l'est, auprès de Popayan, et de là se courbe fortement vers l'ouest, depuis Panama jusqu'à Mexico; après quoi elle retourne vers l'est, depuis Mexico jusqu'à son extrémité, qui est à 30 degrés du pôle, et qui aboutit à peu près aux îles découvertes par de Fonté. En considérant la situation de cette longue suite de montagnes, on doit observer encore, comme chose très remarquable, qu'elles sont toutes bien plus voisines des mers de l'Occident que de celles de l'Orient. 2° Les montagnes d'Afrique, dont la chaîne principale, appelée par quelques auteurs *l'épine du monde*, est aussi fort élevée, et s'étend du sud au nord, comme celle des Cordilières en Amérique. Cette chaîne, qui forme en effet l'épine du dos de l'Afrique, commence au cap de Bonne-Espérance, et court presque sous le même méridien jusqu'à la mer Méditerranée, vis-à-vis la pointe de la Morée. Nous observerons encore, comme chose très remarquable, que le milieu de cette grande chaîne de montagnes, longue d'environ quinze cents lieues, se trouve précisément sous l'équateur, comme le point milieu des Cordilières; en sorte qu'on ne peut guère douter que les parties les plus élevées des grandes chaînes de montagnes en Afrique et en Amérique ne se trouvent également sous l'équateur.

Dans ces deux parties du monde, dont l'équateur traverse assez exactement les continents, les principales montagnes sont donc dirigées du sud au nord; mais elles jettent des branches très considérables vers l'orient et vers l'occident. L'Afrique est traversée de l'est à l'ouest par une longue suite de montagnes, depuis le cap Guardafui jusqu'au îles du Cap-Vert: le mont Atlas la coupe aussi d'orient en occident. En Amérique, un premier rameau des Cordilières traverse les terres Magellaniques de l'est à l'ouest; un autre s'étend à peu

près dans la même direction au Paraguay et dans toute la largeur du Brésil; quelques autres branches s'étendent depuis Popayan dans la Terre-Ferme, et jusque dans la Guiane: enfin, si nous suivons toujours cette grande chaîne de montagnes, il nous paroîtra que la péninsule d'Yucatan, les îles de Cuba, de la Jamaïque, de Saint-Domingue, Porto-Rico, et toutes les Antilles, n'en sont qu'une branche, qui s'étend du sud au nord, depuis Cuba et la pointe de la Floride jusqu'aux lacs du Canada, et de là court de l'est à l'ouest pour rejoindre l'extrémité des Cordilières, au-delà des lacs Sioux. 3° Dans le grand continent de l'Europe et de l'Asie, qui non-seulement n'est pas, comme ceux de l'Amérique et de l'Afrique, traversé par l'équateur, mais en est même fort éloigné, les chaînes des principales montagnes, au lieu d'être dirigées du sud au nord, le sont d'occident en orient. La plus longue de ces chaînes commence au fond de l'Espagne, gagne les Pyrénées, s'étend en France par l'Auvergne et le Vivarais, passe ensuite par les Alpes, en Allemagne, en Grèce, en Crimée, et atteint le Caucase, le Taurus, l'Imaüs, qui environnent la Perse, Cachemire, et le Mogol au nord, jusqu'au Thibet, d'où elle s'étend dans la Tartarie chinoise, et arrive vis-à-vis la terre d'Yeço. Les principales branches que jette cette chaîne principale sont dirigées du nord au sud en Arabie, jusqu'au détroit de la mer Rouge; dans l'Indostan, jusqu'au cap Comorin; du Thibet, jusqu'à la pointe de Malaca. Ces branches ne laissent pas de former des suites de montagnes particulières dont les sommets sont fort élevés. D'autre côté, cette chaîne principale jette du sud au nord quelques rameaux, qui s'étendent depuis les Alpes du Tyrol jusqu'en Pologne; ensuite, depuis le mont Caucase jusqu'en Moscovie, et depuis Cachemire jusqu'en Sibérie; et ces rameaux, qui sont du sud au nord de la chaîne principale, ne présentent pas des montagnes aussi élevées que celles des branches de cette même chaîne qui s'étendent du nord au sud.

Voilà donc, à peu près, la topographie de la surface de la terre, dans le temps de notre seconde époque, immédiatement après la consolidation de la matière. Les hautes montagnes que

nous venons de désigner sont les éminences primitives, c'est-à-dire les aspérités produites à la surface du globe au moment qu'il a pris sa consistance: elles doivent leur origine à l'effet du feu, et sont aussi, par cette raison, composées, dans leur intérieur et jusqu'à leurs sommets, de matières vitrescibles: toutes tiennent par leur base à la roche intérieure du globe, qui est de même nature. Plusieurs autres éminences moins élevées ont traversé, dans ce même temps et presque en tous sens, la surface de la terre; et l'on peut assurer que, dans tous les lieux où l'on trouve des montagnes de roc vif ou de toute autre matière solide et vitrescible, leur origine et leur établissement local ne peuvent être attribués qu'à l'action du feu et aux effets de la consolidation, qui ne se fait jamais sans laisser des inégalités sur la superficie de toute masse de matière fondue.

En même temps que ces causes ont produit des éminences et des profondeurs à la surface de la terre, elles ont aussi formé des boursouflures et des cavités à l'intérieur, surtout dans les couches les plus extérieures. Ainsi le globe, dès le temps de cette seconde époque, lorsqu'il eut pris sa consistance, et avant que les eaux y fussent établies, présentoit une surface hérissée de montagnes et sillonnée de vallées; mais toutes les causes subséquentes et postérieures à cette époque ont concouru à combler toutes les profondeurs extérieures, et même les cavités intérieures. Ces causes subséquentes ont aussi altéré presque partout la forme de ces inégalités primitives; celles qui ne s'élevoient qu'à une hauteur médiocre ont été, pour la plupart, recouvertes dans la suite par les sédiments des eaux, et toutes ont été environnées à leurs bases, jusqu'à de grandes hauteurs, de ces mêmes sédiments. C'est par cette raison que nous n'avons d'autres témoins apparents de la première forme de la surface de la terre que les montagnes composées de matières vitrescibles, dont nous venons de faire l'énumération: cependant ces témoins sont sûrs et suffisants; car, comme les plus hauts sommets de ces premières montagnes n'ont peut-être jamais été surmontés par les eaux, ou du

moins qu'ils ne l'ont été que pendant un petit temps, attendu qu'on n'y trouve aucun débris des productions marines, et qu'ils ne sont composés que de matières vitrescibles, on ne peut pas douter qu'ils ne doivent leur origine au feu, et que ces éminences, ainsi que la roche intérieure du globe, ne fassent ensemble un corps continu de même nature, c'est-à-dire de matières vitrescibles, dont la formation a précédé celle de toutes les autres matières.

Et tranchant le globe par l'équateur, et comparant les deux hémisphères, on voit que celui de nos continents contient à proportion beaucoup plus de terres que l'autre; car l'Asie seule est plus grande que les parties de l'Amérique, de l'Afrique, de la Nouvelle-Hollande, et de tout ce qu'on a découvert de terre au-delà. Il y avoit donc moins d'éminences et d'aspérités sur l'hémisphère austral que sur le boréal, dès le temps même de la consolidation de la terre; et si l'on considère pour un instant ce gisement général des terres et des mers, on reconnoîtra que tous les continents vont en se rétrécissant du côté du midi, et qu'au contraire toutes les mers vont en s'élargissant vers ce même côté du midi. La pointe étroite de l'Amérique méridionale, celle de la Californie, celle du Groenland, la pointe de l'Afrique, celles des deux presqu'îles de l'Inde, et enfin celle de la Nouvelle-Hollande, démontrent évidemment ce rétrécissement des terres, et cet élargissement des mers vers les régions australes. Cela semble indiquer que la surface du globe a eu originairement de plus profondes vallées dans l'hémisphère austral, et des éminences en plus grand nombre dans l'hémisphère boréal. Nous tirerons bientôt quelques inductions de cette disposition générale des continents et des mers.

La terre, avant d'avoir reçu les eaux, étoit donc irrégulièrement hérissée d'aspérités, de profondeurs et d'inégalités semblables à celles que nous voyons sur un bloc de métal ou de verre fondu; elle avoit de même des boursouflures et des cavités intérieures, dont l'origine, comme celle des inégalités extérieures, ne doit être attribuée qu'aux effets de la conso-

lidation. Les plus grandes éminences, profondeurs extérieures et cavités intérieures, se sont trouvés dès-lors, et se trouvent encore aujourd'hui sous l'équateur, entre les deux tropiques, parce que cette zone de la surface du globe est la dernière qui s'est consolidée, et que c'est dans cette zone où le mouvement de rotation étant plus rapide, il aura produit les plus grands effets, la matière en fusion s'y étant élevée plus que partout ailleurs, et s'étant refroidie la dernière, il a dû s'y former plus d'inégalités que dans toutes les autres parties du globe où le mouvement de rotation étoit plus lent, et le refroidissement plus prompt. Aussi trouve-t-on sous cette zone les plus hautes montagnes, les mers les plus entrecoupées, semées d'un nombre infini d'îles, à la vue desquelles on ne peut douter que, dès son origine, cette partie de la terre ne fût la plus irrégulière et la moins solide de toutes.

Et quoique la matière en fusion ait dû arriver également des deux pôles pour renfler l'équateur, il paroît, en comparant les deux hémisphères, que notre pôle en a un peu moins fourni que l'autre, puisqu'il y a beaucoup plus de terres et moins de mers depuis le tropique du Cancer au pôle boréal, et qu'au contraire il y a beaucoup plus de mers et moins de terres depuis celui du Capricorne à l'autre pôle. Les plus profondes vallées se sont donc formées dans les zones froides et tempérées de l'hémisphère austral, et les terres les plus solides et les plus élevées se sont trouvées dans celles de l'hémisphère septentrional.

Le globe étoit alors, comme il l'est encore aujourd'hui, renflé sous l'équateur, d'une épaisseur de près de six lieues un quart; mais les couches superficielles de cette épaisseur y étoient, à l'intérieur, semées de cavités, et coupées à l'extérieur d'éminences et de profondeurs plus grandes que partout ailleurs : le reste du globe étoit sillonné et traversé en différents sens par des aspérités toujours moins élevées à mesure qu'elles approchoient des pôles; toutes n'étoient composées que de la même matière fondue, dont est aussi composée la roche intérieure du globe; toutes doivent leur origine à l'action

du feu primitif et à la vitrification générale. Ainsi la surface de la terre, avant l'arrivée des eaux, ne présentoit que ces premières aspérités, qui forment encore aujourd'hui les noyaux de nos plus hautes montagnes; celles qui étoient moins élevées ayant été dans la suite recouvertes par les sédiments des eaux et par les débris des productions de la mer, elles ne nous sont pas aussi évidemment connues que les premières : on trouve souvent des bancs calcaires au-dessus des rochers de granite, de roc vif, et des autres masses de matières vitrescibles; mais l'on ne voit pas de masses de roc vif au-dessus des bancs calcaires. Nous pouvons donc assurer, sans craindre de nous tromper, que la roche du globe est continue avec toutes les éminences hautes et basses qui se trouvent être de la même nature, c'est-à-dire de matières vitrescibles : ces éminences font masse avec le solide du globe; elles n'en sont que de très petits prolongements, dont les moins élevés ont ensuite été recouverts par les scories du verre, les sables, les argiles, et tous les débris des productions de la mer amenés et déposés par les eaux dans les temps subséquents, qui font l'objet de notre troisième époque.

TROISIÈME ÉPOQUE.

Lorsque les eaux ont couvert nos continents.

A la date de trente ou trente-cinq mille ans de la formation des planètes, la terre se trouvoit assez attiédie pour recevoir les eaux sans les rejeter en vapeurs. Le chaos de l'atmosphère avoit commencé de se débrouiller : non-seulement les eaux, mais toutes les matières volatiles que la trop grande chaleur y tenoit reléguées et suspendues, tombèrent successivement ; elles remplirent toutes les profondeurs, couvrirent toutes les plaines, tous les intervalles qui se trouvoient entre les éminences de la surface du globe, et même elles surmontèrent toutes celles qui n'étoient pas excessivement élevées. On a des preuves évidentes que les mers ont couvert le continent de l'Europe jusqu'à quinze cents toises du niveau de la mer actuelle, puisqu'on trouve des coquilles et d'autres productions marines dans les Alpes et dans les Pyrénées jusqu'à cette même hauteur. On a les mêmes preuves pour les continents de l'Asie et de l'Afrique, et même dans celui de l'Amérique, où les montagnes sont plus élevées qu'en Europe, on a trouvé des coquilles marines à plus de deux mille toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer du Sud. Il est donc certain que, dans ces premiers temps, le diamètre du globe avoit deux lieues de plus, puisqu'il étoit enveloppé d'eau jusqu'à deux mille toises de hauteur. La surface de la terre en général étoit donc beaucoup plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui ; et, pendant une longue suite de temps, les mers l'ont recouverte en entier, à l'exception peut-être de quelques terres très élevées et des sommets des hautes montagnes, qui seuls surmontoient cette mer universelle, dont l'élévation étoit au moins à cette hauteur où l'on cesse de trouver des coquilles : d'où l'on doit inférer que les animaux auxquels ces dépouilles ont appartenu peuvent être regardés comme les premiers habitants du globe ; et cette population étoit innombrable, à en juger par l'immense quan-

tité de leurs dépouilles et de leurs détriments, puisque c'est de ces mêmes dépouilles et de leurs détriments qu'ont été formées toutes les couches de pierres calcaires, des marbres, des craies et des tufs, qui composent nos collines, et qui s'étendent sur de grandes contrées dans toutes les parties de la terre.

Or dans les commencements de ce séjour des eaux sur la surface du globe, n'avoient-elles pas un degré de chaleur que nos poissons et nos coquillages actuellement existants n'auroient pu supporter? et ne devons-nous pas présumer que les premières productions d'une mer encore bouillante étoient différente de celless qu'elles nous offre aujourd'hui? Cette grande chaleur ne pouvoit convenir qu'à d'autres natures de coquillages et de poissons; et par conséquent c'est aux premiers temps de cette époque, c'est-à-dire depuis trente jusqu'à quarante mille ans de la formation de la terre, que l'on doit rapporter l'existence des espèces perdues dont on ne trouve nulle part les analogues vivants. Ces premières espèces, maintenant anéanties, ont subsisté pendant les dix ou quinze mille ans qui ont suivi le temps auquel les eaux venoient de s'établir.

Et l'on ne doit point être étonné de ce que j'avance ici, qu'il y a eu des poissons et d'autres animaux aquatiques capables de supporter un degré de chaleur beaucoup plus grand que celui de la température actuelle de nos mers méridionales, puisque encore aujourd'hui nous connoissons des espèces de poissons et de plantes qui vivent et végètent dans des eaux presque bouillantes, ou du moins chaudes jusqu'à 50 ou 60 degrés du thermomètre[1].

[1] On voit plusieurs exemples de plantes qui croissent dans les eaux thermales les plus chaudes, et M Sonnerat a trouvé des poissons dans une eau dont la chaleur étoit si active, qu'il ne pouvoit y plonger la main. Voici l'extrait de sa relation à ce sujet. « Je trouvai, dit-il, à deux lieues de Calamba, dans l'île de Luçon, près du village de Bailly, un ruisseau dont l'eau étoit chaude au point que le thermomètre, division de Réaumur, plongé dans ce ruisseau, à une lieue de sa source, marquoit encore 69 degrés. J'imaginois, en voyant un pareil degré de chaleur, que toutes les productions de la nature devoient être éteintes sur les bords du ruisseau, et je fus très surpris de voir trois arbrisseaux très vigoureux dont les racines trempoient dans cette eau

Mais, pour ne pas perdre le fil des grands et nombreux phénomènes que nous avons à exposer, reprenons ces temps antérieurs, où les eaux, jusqu'alors réduites en vapeurs, se sont condensées, et ont commencé de tomber sur la terre

bouillante, et dont les branches étoient environnées de sa vapeur; elle étoit si considérable, que les hirondelles qui osoient traverser ce ruisseau à la hauteur de sept ou huit pieds y tomboient sans mouvement. L'un de ces trois arbrisseaux étoit un *agnus castus*, et les deux autres des *aspalathus*. Pendant mon séjour dans ce village, je ne bus d'autre eau que celle de ce ruisseau, que je faisois refroidir: son goût me parut terreux et ferrugineux. On a construit différents bains sur ce ruisseau, dont les degrés de chaleur sont proportionnés à la distance de la source. Ma surprise redoubla lorsque je vis le premier bain: des poissons nageoient dans cette eau où je ne pouvois plonger la main. Je fis tout ce qu'il me fut possible pour me procurer quelques-uns de ces poissons; mais leur agilité et la maladresse des gens du pays ne me permirent pas d'en prendre un seul. Je les examinai nageant; mais la vapeur de l'eau ne me permit pas de les distinguer assez bien pour les rapprocher de quelque genre: je les reconnus cependant pour des poissons à écailles brunes; la longueur des plus grands étoit de quatre pouces. J'ignore comment ces poissons sont parvenus dans ces bains.»

M. Sonnerat appuie son récit du témoignage de M. Prevost, commissaire de la marine, qui a parcouru avec lui l'intérieur de l'île Luçon. Voici comment est conçu ce témoignage:

«Vous avez eu raison, monsieur, de faire part à M. de Buffon des observations que vous avez rassemblées dans le voyage que nous avons fait ensemble. Vous désirez que je confirme par écrit celle qui nous a si fort surpris dans le village de Bailly, situé sur le bord de la lagune de Manille, à *Los-Bagnos:* je suis fâché de n'avoir point ici la note de nos observations faites avec le thermomètre de Réaumur; mais je me rappelle très bien que l'eau du petit ruisseau qui passe dans ce village pour se jeter dans le lac fit monter le mercure à 66 ou 67 degrés, quoiqu'il n'eût été plongé qu'à une lieue de sa source: les bords de ce ruisseau sont garnis d'un gazon toujours vert. Vous n'aurez sûrement pas oublié cet *agnus castus* que nous avons vu en fleurs, dont les racines étoient mouillées de l'eau de ce ruisseau, et la tige continuellement enveloppée de la fumée qui en sortoit. Le père Franciscain, curé de la paroisse de ce village, m'a aussi assuré avoir vu des poissons dans ce même ruisseau; quant à moi, je ne puis le certifier; mais j'en ai vu dans l'un des bains dont la chaleur faisoit monter le mercure à 48 et 50 degrés. Voilà ce que vous pouvez certifier avec assurance. *Signé* PREVOST.» (*Voyage à la Nouvelle-Guinée*, par M. Sonnerat, correspondant de l'Académie des Sciences et du Cabinet du Roi; Paris, 1776, pages 38 et suiv.)

Je ne sache pas qu'on ait trouvé des poissons dans nos eaux thermales; mais il est certain que, dans celles mêmes qui sont les plus chaudes, le fond du terrain est tapissé de plantes. M. l'abbé Mazéas dit expressément que dans l'eau presque bouillante de la solfatare de Viterbe le fond du bassin est couvert des mêmes plantes qui croissent au fond des lacs et des marais (*Mémoires des savants étrangers*, tome V, page 325.) (*Add. Buff.*)

brûlante, aride, desséchée, crevassée par le feu. Tâchons de nous représenter les prodigieux effets qui ont accompagné et suivi cette chute précipitée des matières volatiles, toutes séparées, combinées, sublimées, dans le temps de la consolidation, et pendant le progrès du premier refroidissement. La séparation de l'élément de l'air et de l'élément de l'eau, le choc des vents et des flots qui tomboient en tourbillons sur une terre fumante; la dépuration de l'atmosphère qu'auparavant les rayons du soleil ne pouvoient pénétrer; cette même atmosphère obscurcie de nouveau par les nuages d'une épaisse fumée; la cohobation mille fois répétée, et le bouillonnement continuel des eaux tombées et rejetées alternativement : enfin la lessive de l'air, par l'abandon des matières volatiles précédemment sublimées, qui toutes s'en séparèrent et descendirent avec plus ou moins de précipitation : quels mouvements, quelles tempêtes ont dû précéder, accompagner et suivre l'établissement local de chacun de ces éléments! Et ne devons-nous pas rapporter à ces premiers moments de choc et d'agitation les bouleversements, les premières dégradations, les irruptions et les changements qui ont donné une seconde forme à la plus grande partie de la surface de la terre? Il est aisé de sentir que les eaux qui la couvroient alors presque tout entière, étant continuellement agitées par la rapidité de leur chute, par l'action de la lune sur l'atmosphère et sur les eaux déjà tombées, par la violence des vents, etc., auront obéi à toutes ces impulsions, et que, dans leurs mouvements, elles auront commencé par sillonner plus à fond les vallées de la terre, par renverser les éminences les moins solides, rabaisser les crêtes des montagnes, percer leurs chaînes dans les points les plus foibles; et qu'après leur établissement ces mêmes eaux se sont ouvert des routes souterraines, qu'elles ont miné les voûtes des cavernes, les ont fait écrouler, et que par conséquent ces mêmes eaux se sont abaissées successivement pour remplir les nouvelles profondeurs qu'elles venoient de former. Les cavernes étoient l'ouvrage du feu : l'eau, dès son arrivée, a

commencé par les attaquer; elle les a détruites, et continue de les détruire encore. Nous devons donc attribuer l'abaissement des eaux à l'affaissement des cavernes, comme à la seule cause qui nous soit démontrée par les faits.

Voilà les premiers effets produits par la masse, par le poids et par le volume de l'eau; mais elle en a produit d'autres par sa seule qualité : elle a saisi toutes les matières qu'elle pouvoit délayer et dissoudre; elle s'est combinée avec l'air, la terre et le feu, pour former les acides, les sels, etc.; elle a converti les scories et les poudres du verre primitif en argiles; ensuite elle a, par son mouvement, transporté de place en place ces mêmes scories et toutes les matières qui se trouvoient réduites en petits volumes. Il s'est donc fait dans cette seconde période, depuis trente-cinq jusqu'à cinquante mille ans, un si grand changement à la surface du globe, que la mer universelle, d'abord très élevée, s'est successivement abaissée pour remplir les profondeurs occasionées par l'affaissement des cavernes, dont les voûtes naturelles, sapées ou percées par l'action et le feu de ce nouvel élément, ne pouvoient plus soutenir le poids cumulé des terres et des eaux dont elles étoient chargées. A mesure qu'il se faisait quelque grand affaissement par la rupture d'une ou de plusieurs cavernes, la surface de la terre se déprimant en ces endroits, l'eau arrivoit de toutes parts pour remplir cette nouvelle profondeur, et par conséquent la hauteur générale des mers diminuoit d'autant; en sorte qu'étant d'abord à deux mille toises d'elévation la mer a successivement baissé jusqu'au niveau où nous la voyons aujourd'hui.

On doit présumer que les coquilles et les autres productions marines, que l'on trouve à de grandes hauteurs audessus du niveau actuel des mers, sont les espèces les plus anciennes de la nature; et il seroit important pour l'histoire naturelle de recueillir un assez grand nombre de ces productions de la mer, qui se trouvent à cette plus grande hauteur, et de les comparer avec celles qui sont dans les terrains plus bas. Nous sommes assurés que les coquilles dont nos collines sont composées appartiennent en partie à des espèces

inconnues, c'est-à-dire à des espèces dont aucune mer fréquentée ne nous offre les analogues vivants. Si jamais on fait un recueil de ces pétrifications prises à la plus grande élévation dans les montagnes, on sera peut-être en état de prononcer sur l'ancienneté plus ou moins grande des espèces relativement aux autres. Tout ce que nous pouvons en dire aujourd'hui, c'est que quelques-uns des monuments qui nous démontrent l'existence de certains animaux terrestres et marins dont nous ne connoissons pas les analogues vivants, nous montrent en même temps que ces animaux étoient beaucoup plus grands qu'aucune espèce du même genre actuellement subsistante. Ces grosses dents molaires à pointes mousses, du poids de onze ou douze livres; ces cornes d'ammon, de sept à huit pieds de diamètre sur un pied d'épaisseur, dont on trouve les moules pétrifiés, sont certainement des êtres gigantesques dans le genre des animaux quadrupèdes et dans celui des coquillages. La nature étoit alors dans sa première force, et travailloit la matière organique et vivante avec une puissance plus active dans une température plus chaude : cette matière organique étoit plus divisée, moins combinée avec d'autres matières, et pouvoit se réunir et se combiner avec elle-même en plus grandes masses, pour se développer en plus grandes dimensions. Cette cause est suffisante pour rendre raison de toutes les productions gigantesques qui paroissent avoir été fréquentes dans ces premiers âges du monde[1].

[1] Les grosses dents à pointes mousses dont nous avons parlé, indiquent une espèce gigantesque, relativement aux autres espèces, et même à celle de l'éléphant; mais cette espèce gigantesque n'existe plus. D'autres grosses dents, dont la face qui broie est figurée en trèfle, comme celle des hippopotames, et qui néanmoins sont quatre fois plus grosses que celles des hippopotames actuellement subsistants, démontrent qu'il y a eu des individus très gigantesques dans l'espèce de l'hippopotame. D'énormes fémurs, plus grands et beaucoup plus épais que ceux de nos éléphants, démontrent la même chose pour les éléphants; et nous pouvons citer encore quelques exemples qui vont à l'appui de notre opinion sur les animaux gigantesques.

On a trouvé auprès de Rome, en 1772 une tête de bœuf pétrifiée, dont le P. Jacquier a donné la description. « La longueur du front, comprise entre les deux cornes, est, dit-il, de 2 pieds 3 pouces; la distance entre les orbites

En fécondant les mers, la nature répandoit aussi les principes de vie sur toutes les terres que l'eau n'avoit pu surmonter, ou qu'elle avoit promptement abandonnées; et ces terres, comme les mers, ne pouvoient être peuplées que d'animaux

des yeux, de 14 pouces; celle depuis la portion supérieure du front jusqu'à l'orbite de l'œil, de 1 pied 6 pouces; la circonférence d'une corne mesurée dans le bourrelet inférieur, de 1 pied 6 pouces; la longueur d'une corne mesurée dans toute sa courbure, de 4 pieds; la distance des sommets des cornes, de 3 pieds; l'intérieur est d'une pétrification très dure : cette tête a été trouvée dans un fonds de pouzzolane, à la profondeur de plus de 20 pieds. »

On voyoit, en 1768, dans la cathédrale de Strasbourg, une très grosse corne de bœuf, suspendue par une chaîne contre un pilier près du chœur : elle m'a paru excéder trois fois la grandeur ordinaire de celles des plus grands bœufs; comme elle est fort élevée, je n'ai pu en prendre les dimensions; mais je l'ai jugée d'environ 4 pieds ½ de longueur sur 7 à 8 pouces de diamètre au gros bout *. »

Lionel Waffer rapporte qu'il a vu, au Mexique, des ossements et des dents d'une prodigieuse grandeur; entre autres une dent de 3 pouces de large sur 4 pouces de longueur, et que les plus habiles gens du pays ayant été consultés jugèrent que la tête ne pouvoit pas avoir moins d'une aune de largeur. (Waffer, *Voyage en Amérique*, page 367.

C'est peut-être la même dent dont parle le P. Acosta. « J'ai vu, dit-il, une dent molaire qui m'étonna beaucoup par son énorme grandeur, car elle étoit aussi grosse que le poing d'un homme. » Le P. Torquemado, franciscain, dit aussi qu'il a eu à son pouvoir une dent molaire deux fois aussi grosse que le poing, et qui pesoit plus de deux livres : il ajoute que, dans cette même ville de Mexico, au couvent de Saint-Augustin, il avoit vu un os fémur si grand, que l'individu auquel cet os avoit appartenu devoit avoir été haut de 11 à 12 coudées, c'est-à-dire 17 ou 18 pieds, et que la tête dont la dent avoit été tirée étoit aussi grosse qu'une de ces grandes cruches dont on se sert en Castille pour mettre le vin.

Philippe Hernandez rapporte qu'on trouve à Tezcaço et à Tosuca plusieurs os de grandeur extraordinaire, et que parmi ces os il y a des dents molaires larges de 5 pouces et hautes de 10; d'où l'on doit conjecturer que la grosseur de la tête à laquelle elles appartenoient étoit si énorme, que deux hommes auroient à peine pu l'embrasser. Don Lorenzo Boturini Benudaci dit aussi que dans la Nouvelle-Espagne, surtout dans les hauteurs de Santa-Fé et dans le territoire de la Puebla et de Tlascallan, on trouve des os énormes et des dents molaires, dont une qu'il conservoit dans son cabinet est cent fois plus grosse que les plus grosses dents humaines. (*Gigantologie espagnole*, par le P. Torrubia, *Journal étranger*, novembre 1760.)

L'auteur de cette *Gigantologie espagnole* attribue ces dents énormes et ces grands os à des géants de l'espèce humaine. Mais est-il croyable qu'il y ait jamais eu des hommes dont la tête ait eu 8 à 10 pieds de circonférence? N'est-il pas même assez étonnant que, dans l'espèce de l'hippopotame ou de l'éléphant, il y en ait eu de cette grandeur? Nous pensons donc que ces énormes

* Note communiquée à M. de Buffon par M. Grignon, le 24 septembre 1777.

et de végétaux capables de supporter une chaleur plus grande que celle qui convient aujourd'hui à la nature vivante. Nous avons des monuments tirés du sein de la terre, et particulièrement du fond des minières de charbon et d'ardoise, qui nous

dents sont de la même espèce que celles qui ont été trouvées nouvellement en Canada sur la rivière d'Ohio, que nous avons dit appartenir à un animal inconnu dont l'espèce étoit autrefois existante en Tartarie, en Sibérie, au Canada, et s'est étendue depuis les Illinois jusqu'au Mexique. Et comme ces auteurs espagnols ne disent pas que l'on ait trouvé, dans la Nouvelle-Espagne, des défenses d'éléphants mêlées avec ces grosses dents molaires, cela nous fait présumer qu'il y avoit en effet une espèce différente de celle de l'éléphant, à laquelle ces grosses dents molaires appartenoient, laquelle est parvenue jusqu'au Mexique. Au reste, les grosses dents d'hippopotame paroissent avoir été anciennement connues; car saint Augustin dit avoir vu une dent molaire si grosse, qu'en la divisant elle auroit fait cent molaires d'un homme ordinaire *. Fulgose dit aussi qu'on a trouvé en Sicile des dents dont chacune pesoit 3 livres **.

M. John Sommer rapporte avoir trouvé à Chatham, près de Cantorbery, à 17 pieds de profondeur, quelques os étrangers et monstrueux, les uns entiers, les autres rompus, et quatre dents saines et parfaites pesant chacune un peu plus d'une demi-livre, grosse à-peu près comme le poing d'un homme : toutes quatre étoient des dents molaires ressemblant assez aux dents molaires de l'homme, si ce n'est par la grosseur. Il dit que Louis Vives parle d'une dent encore plus grosse *** qui lui fut montrée pour une dent de saint Christophe. Il dit aussi qu'Acosta rapporte avoir vu dans les Indes une dent semblable qui avoit été tirée de terre avec plusieurs autres os, lesquels rassemblés et arrangés représentoient un homme d'une structure prodigieuse, ou plutôt monstrueuse ****. Nous aurions pu, dit judicieusement M. Sommer, juger de même des dents qu'on a tirées de la terre auprès de Cantorbery, si l'on n'eût pas trouvé avec ces mêmes dents des os qui ne pouvoient être des os d'homme: quelques personnes qui les ont vues ont jugé que les os et les dents étoient d'un hippopotame. Deux de ces dents sont gravées dans une planche qui est à la tête du n° 272 des *Transactions philosophiques*, fig. 9.

On peut conclure de ces faits que la plupart des grands os trouvés dans le sein de la terre sont des os d'éléphants et d'hippopotames; mais il me paroît certain, par la comparaison immédiate des énormes dents à pointes mousses avec les dents de l'éléphant et de l'hippopotame, qu'elles ont appartenu à un grand animal beaucoup plus gros que l'un et l'autre, et que l'espèce de ce prodigieux animal ne subsiste plus aujourd'hui.

Dans les éléphants actuellement existants, il est extrêmement rare d'en trouver dont les défenses aient six pieds de longueur. Les plus grandes sont communément de cinq pieds à cinq pieds et demi, et par conséquent l'ancien éléphant auquel a appartenu la défense de dix pieds de longueur, dont nous

* *De Civitate Dei*, lib. XV, cap. IX.

** Lib. I, cap. VI.

*** *Dens molaris pugno major.*

**** *Deformed highness or greatness.*

démontrent que quelques-uns des poissons et des végétaux que ces matières contiennent ne sont pas des espèces actuellement existantes [1]. On peut donc croire que la population de la mer en animaux n'est pas plus ancienne que celle de la terre

avons les fragments, étoit un géant dans cette espèce, aussi bien que celui dont nous avons un fémur d'un tiers plus gros et plus grand que les fémurs des éléphants ordinaires.

Il en est de même dans l'espèce de l'hippopotame; j'ai fait arracher les deux plus grosses dents molaires de la plus grande tête d'hippopotame que nous ayons au Cabinet du Roi : l'une de ces dents pèse 10 onces, et l'autre 9 onces ½. J'ai pesé ensuite deux dents, l'une trouvée en Sibérie, et l'autre au Canada; la première pèse 2 livres 12 onces, et la seconde 2 livres 2 onces. Ces anciens hippopotames étoient, comme l'on voit, bien gigantesques en comparaison de ceux qui existent aujourd'hui.

L'exemple que nous avons cité de l'énorme tête de bœuf pétrifiée trouvée aux environs de Rome prouve aussi qu'il y a eu de prodigieux géants dans cette espèce, et nous pouvons le démontrer par plusieurs autres monuments. Nous avons au Cabinet du Roi, 1° une corne d'une belle couleur verdâtre, très lisse et bien contournée, qui est évidemment une corne de bœuf; elle porte 25 pouces de circonférence à la base, et sa longueur est de 42 pouces; sa cavité contient 11 pintes ¼ de Paris. 2° Un os de l'intérieur de la corne d'un bœuf, du poids de 7 livres; tandis que le plus grand os de nos bœufs, qui soutient la corne, ne pèse qu'une livre. Cet os a été donné pour le Cabinet du Roi par M. le comte de Tressan, qui joint au goût et aux talents beaucoup de connoissances en histoire naturelle. 3° Deux os de l'intérieur des cornes d'un bœuf réunis par un morceau du crâne, qui ont été trouvés à 25 pieds de profondeur, dans les couches de tourbe, entre Amiens et Abbeville, et qui m'ont été envoyés pour le Cabinet du Roi : ce morceau pèse 17 livres : ainsi chaque os de la corne, étant séparé de la portion du crâne, pèse au moins 7 livres ½. J'ai comparé les dimensions comme les poids de ces différents os : celui du plus gros bœuf qu'on a pu trouver à la boucherie de Paris n'avait que 13 pouces de longueur sur 7 pouces de circonférence à la base, tandis que des deux autres tirés du sein de la terre, l'un a 24 pouces de longueur sur 12 pouces de circonférence à la base, et l'autre 27 pouces de longueur sur 13 de circonférence. En voilà plus qu'il n'en faut pour démontrer que, dans l'espèce du bœuf, comme dans celles de l'hippopotame et de l'éléphant, il y a eu de prodigieux géants. (*Add. Buff.*)

[1] Sur cela nous observerons, avec M. Lehman, qu'on ne trouve guère des empreintes de plantes dans les mines d'ardoise, à l'exception de celles qui accompagnent les mines de charbon de terre; et qu'au contraire on ne trouve ordinairement les empreintes de poissons que dans les ardoises cuivreuses.

On a remarqué que les bancs d'ardoise chargés de poissons pétrifiés, dans le comté de Mansfeld, sont surmontés d'un banc de pierres appelées *puantes* : c'est une espèce d'ardoise grise, qui a tiré son origine d'une eau croupissante, dans laquelle les poissons avoient pourri avant de se pétrifier. (*Leeberoth, Journal économique*, juillet 1752.)

M. Hoffman, en parlant des ardoises, dit que non-seulement les poissons

en végétaux : les monuments et les témoins sont plus nombreux, plus évidents pour la mer ; mais ceux qui déposent pour la terre sont aussi certains, et semblent nous démontrer que ces espèces anciennes dans les animaux marins et dans les végétaux terrestres se sont anéanties, ou plutôt ont cessé de

que l'on y trouve pétrifiés ont été des créatures vivantes, mais que les couches d'ardoises n'ont été que le dépôt d'une eau fangeuse, qui, après avoir fermenté et s'être pétrifiée, s'étoit précipitée par couches très minces.

« Les ardoises d'Angers, dit M. Guettard, présentent quelquefois des empreintes de plantes et de poissons, qui méritent d'autant plus d'attention, que les plantes auxquelles ces empreintes sont dues étoient des *fucus* de mer, et que celles des poissons représentent différents crustacés ou animaux de la classe des écrevisses, dont les empreintes sont plus rares que celles des poissons et des coquillages. Il ajoute qu'après avoir consulté plusieurs auteurs qui ont écrit sur les poissons, les écrevisses et les crabes, il n'a rien trouvé de ressemblant aux empreintes en question, si ce n'est le *pou* de mer, qui y a quelques rapports, mais qui en diffère néanmoins par le nombre de ses anneaux, qui sont au nombre de treize; au lieu que les anneaux ne sont qu'au nombre de sept ou huit dans les empreintes de l'ardoise : les empreintes de poissons se trouvent communément parsemées de matière pyriteuse et blanchâtre. Une singularité, qui ne regarde pas plus les ardoises d'Angers que celles des autres pays, tombe sur la fréquence des empreintes de poissons et la rareté des coquillages dans les ardoises, tandis qu'elles sont si communes dans les pierres à chaux ordinaires. » (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1757, page 52.)

On peut donner des preuves démonstratives que tous les charbons de terre ne sont composés que de débris de végétaux, mêlés avec du bitume et du soufre, ou plutôt de l'acide vitriolique, qui se fait sentir dans la combustion; on reconnoît les végétaux souvent en grand volume dans les couches supérieures des veines de charbon de terre; et, à mesure que l'on descend, on voit les nuances de la décomposition de ces mêmes végétaux. Il y a des espèces de charbon de terre qui ne sont que des bois fossiles : celui qui se trouve à Sainte-Agnès, près Lons-le-Saunier, ressemble parfaitement à des bûches ou tronçons de sapins; on y remarque très distinctement les veines de chaque crue annuelle, ainsi que le cœur : ces tronçons ne diffèrent des sapins ordinaires qu'en ce qu'ils sont ovales sur la longueur, et que leurs veines forment autant d'ellipses concentriques. Ces bûches n'ont guère qu'environ un pied de tour, et leur écorce est très épaisse et fort crevassée, comme celle des vieux sapins; au lieu que les sapins ordinaires de pareille grosseur ont toujours une écorce assez lisse.

« J'ai trouvé, dit M. de Gensanne, plusieurs filons de ce même charbon dans le diocèse de Montpellier : ici les tronçons sont très gros, leur tissu est très semblable à celui des châtaigniers de trois à quatre pieds de tour. Ces sortes de fossiles ne donnent au feu qu'une légère odeur d'asphalte; ils brûlent, donnent de la flamme et de la braise comme du bois : c'est ce qu'on appelle communément en France de la *houille;* elle se trouve fort près de la

se multiplier, dès que la terre et la mer ont perdu la grande chaleur nécessaire à l'effet de leur propagation.

Les coquillages ainsi que les végétaux de ce premier temps s'étant prodigieusement multipliés pendant ce long espace de vingt mille ans, et la durée de leur vie n'étant que de peu

surface du terrain : ces houilles annoncent, pour l'ordinaire, du véritable charbon de terre à de plus grandes profondeurs. » (*Histoire naturelle du Languedoc*, par M. de Gensanne, tome I, page 20.)

Ces charbons ligneux doivent être regardés comme des bois déposés dans une terre bitumineuse à laquelle est due leur qualité de charbons fossiles : on ne les trouve jamais que dans ces sortes de terres, et toujours assez près de la surface du terrain; il n'est pas même rare qu'ils forment la tête des veines d'un véritable charbon ; il y en a qui, n'ayant reçu que peu de substance bitumineuse, ont conservé leurs nuances de couleurs de bois. « J'en ai trouvé de cette espèce, dit M. de Gensanne, aux Cazarets, près de Saint-Jean-de-Cucul, à quatre lieues de Montpellier; mais pour l'ordinaire la fracture de ce fossile présente une surface lisse, entièrement semblable à celle du javet. Il y a dans le même canton, près d'Aseras, du bois fossile qui est en partie changé en une vraie pyrite blanche ferrugineuse. La matière minérale occupe le cœur du bois, et on y remarque très distinctement la substance ligneuse, rongée en quelque sorte et dissoute par l'acide minéraliseur. » (*Histoire naturelle du Languedoc*, tome I, page 54.)

J'avoue que je suis surpris de voir qu'après de pareilles preuves rapportées par M. de Gensanne lui-même, qui d'ailleurs est bon minéralogiste, il attribue néanmoins l'origine du charbon de terre à l'argile plus ou moins imprégnée de bitume : non-seulement les faits que je viens de citer d'après lui démentent cette opinion, mais on verra, par ceux que je vais rapporter, qu'on ne doit attribuer qu'aux détriments des végétaux mêlés de bitumes la masse entière de toutes les espèces de charbon de terre.

Je sens bien que M. de Gensanne ne regarde pas ces bois fossiles, non plus que la tourbe et même la houille, comme de véritables charbons de terre entièrement formés; et en cela je suis de son avis. Celui qu'on trouve auprès de Lons-le-Saulnier a été examiné nouvellement par M. le président de Ruffey, savant académicien de Dijon. Il dit que ce bois fossile s'approche beaucoup de la nature des charbons de terre, mais qu'on le trouve à deux ou trois pieds de la surface de la terre dans une étendue de deux lieues sur trois à quatre pieds d'épaisseur, et que l'on reconnoît encore facilement les espèces de bois de chêne, charme, hêtre, tremble; qu'il y a du bois de corde et du fagotage, que l'écorce des bûches est bien conservée, qu'on y distingue les cercles des sèves et les coups de hache, et qu'à différentes distances on voit des amas de copeaux; qu'au reste ce charbon dans lequel le bois s'est changé est excellent pour souder le fer; que néanmoins il répand, lorsqu'on le brûle, une odeur fétide, et qu'on en a extrait de l'alun. (*Mémoires de l'Académie de Dijon*, tome I, page 47.)

« Près du village nommé *Beichlitz*, à une lieue environ de la ville de Halle, on exploite deux couches composées d'une terre bitumineuse et de bois

d'années, les animaux à coquilles, les polypes des coraux, des madrépores, des astroïtes, et tous les petits animaux qui convertissent l'eau de la mer en pierre, ont, à mesure qu'ils périssaient, abandonné leurs dépouilles et leurs ouvrages aux caprices des eaux : elles auront transporté, brisé et déposé

fossiles (il y a plusieurs mines de cette espèce dans le pays de Hesse), et celui-ci est semblable à celui que l'on trouve dans le village de Sainte-Agnès en Franche-Comté, à deux lieues de Lons-le-Saulnier. Cette mine est dans le terrain de Saxe; la première couche est à trois toises et demie de profondeur perpendiculaire, et de 8 à 9 pieds d'épaisseur : pour y parvenir on traverse un sable blanc, ensuite une argile blanche et grise qui sert de toit, et qui a 3 pieds d'épaisseur; on rencontre encore au-dessous une bonne épaisseur tant de sable que d'argile qui recouvre la seconde couche, épaisse seulement de 3 ½ à 4 pieds : on a sondé beaucoup plus bas sans en trouver d'autres.

« Ces couches sont horizontales; mais elles plongent ou remontent à peu près comme les autres couches connues. Elles consistent en une terre brune, bitumineuse, qui est friable lorsqu'elle est sèche, et ressemble à du bois pourri. Il s'y trouve des pièces de bois de toute grosseur, qu'il faut couper à coups de haches, lorsqu'on les retire de la mine où elles sont encore mouillées. Ce bois étant sec se casse très facilement. Il est luisant dans sa cassure comme le bitume; mais on y reconnoît toute l'organisation du bois. Il est moins abondant que la terre; les ouvriers le mettent à part pour leur usage.

« Un boisseau ou deux quintaux de terre bitumineuse se vend dix-huit à vingt sous de France. Il y a des pyrites dans ces couches; la matière en est vitriolique; elle refleurit et blanchit à l'air : mais la matière bitumineuse n'est pas d'un grand débit, elle ne donne qu'une chaleur foible. » (*Voyages métallurgiques de M. Jars*, pages 329 et suiv.)

Tout ceci prouveroit qu'en effet cette espèce de mine de bois fossile, qui se trouve si près de la surface de la terre, seroit bien plus nouvelle que les mines de charbon de terre ordinaire, qui presque toutes s'enfoncent profondément : mais cela n'empêche pas que les anciennes mines de charbon n'aient été formées des débris des végétaux, puisque, dans les plus profondes, on reconnoît la substance ligneuse et plusieurs autres caractères qui n'appartiennent qu'aux végétaux; d'ailleurs on a quelques exemples de bois fossiles trouvés en grandes masses et en lits fort étendus sous des bancs de grès et sous des rochers calcaires. Voyez ce que j'en ai dit à l'article des *Additions sur les bois souterrains*. Il n'y a donc d'autre différence entre le vrai charbon de terre et ces bois charbonnifiés, que le plus ou moins de décomposition, et aussi le plus ou moins d'imprégnation par les bitumes; mais le fond de leur substance est le même, et tous doivent également leur origine aux détriments des végétaux.

M. Le Monnier, premier médecin ordinaire du roi, et savant botaniste, a trouvé dans le schiste ou fausse ardoise qui traverse une masse de charbon de terre en Auvergne les impressions de plusieurs espèces de fougères qui lui étoient presque toutes inconnues; il croit seulement avoir remarqué l'impres-

ces dépouilles en mille et mille endroits ; car c'est dans ce même temps que les mouvements des marées et des vents réglés ont commencé de former les couches horizontales de la surface de la terre par les sédiments et le dépôt des eaux ; ensuite les courants ont donné à toutes les collines et à toutes les montagnes de médiocre hauteur des directions correspondantes ; en sorte que leurs angles saillants sont toujours opposés à des angles rentrants. Nous ne répèterons pas ici ce que nous avons dit à ce sujet dans notre *Théorie de la terre*, et nous nous contenterons d'assurer que cette disposition générale de la surface du globe par angles correspondants, ainsi que sa composition par couches horizontales, ou également et parallèlement inclinées, démontrent évidemment que la structure et la forme de la surface actuelle de la terre ont été disposées par les eaux et produites par leurs sédiments. Il n'y a eu que les crêtes et les pics des plus hautes montagnes qui peut-être se sont trouvés hors d'atteinte aux eaux, ou n'en ont été surmontés que pendant un petit temps, et sur lesquels par conséquent la mer n'a point laissé d'empreintes : mais, ne pouvant les attaquer par leur sommet, elles les a prises par la base ; elle a recouvert ou miné les parties inférieures de ces montagnes primitives ; elles les a environnées de nouvelles matières, ou bien elle a percé les voûtes qui les soutenoient ; souvent elle les a fait pencher ; enfin elle a transporté dans leurs cavités intérieures les matières combustibles provenant

sion de feuilles de l'osmonde royale, dont il dit n'avoir jamais vu qu'un seul pied dans toute l'Auvergne. (*Observations d'histoire naturelle par M. Le Monnier;* Paris, 1739, page 193.)

Il seroit à désirer que nos botanistes fissent des observations exactes sur les impressions des plantes qui se trouvent dans les charbons de terre, dans les ardoises et dans les schistes : il faudroit même dessiner et graver ces impressions de plantes aussi bien que celles des crustacés, des coquilles et des poissons, que ces mines renferment ; car ce ne sera qu'après ce travail qu'on pourra prononcer sur l'existence actuelle ou passée de toutes ces espèces, et même sur leur ancienneté relative. Tout ce que nous en savons aujourd'hui, c'est qu'il y en a plus d'inconnues que d'autres, et que, dans celles qu'on a voulu rapporter à des espèces bien connues, l'on a toujours trouvé des différences assez grandes pour n'être pas pleinement satisfait de la comparaison. (*Add. Buff.*)

du détriment des végétaux, ainsi que les matières pyriteuses, bitumineuses et minérales, pures ou mêlées de terres et de sédiments de toute espèce.

La production des argiles paroît avoir précédé celle des coquillages; car la première opération de l'eau a été de transformer les scories et les poudres de verre en argiles : aussi les lits d'argiles se sont formés quelque temps avant les bancs de pierres calcaires; et l'on voit que ces dépôts de matières argileuses ont précédé ceux des matières calcaires, car presque partout les rochers calcaires sont posés sur des glaises qui leur servent de base. Je n'avance rien ici qui ne soit démontré par l'expérience, ou confirmé par les observations : tout le monde pourra s'assurer, par des procédés à répéter, que le verre et le grès en poudre se convertissent en peu de temps en argile, seulement en séjournant dans l'eau[1]; c'est d'après cette con-

[1] « J'ai mis dans un vaisseau de faïence deux livres de grès en poudre, dit M. Nadault; j'ai rempli le vaisseau d'eau de fontaine distillée, de façon qu'elle surnageoit le grès d'environ trois ou quatre doigts de hauteur; j'ai ensuite agité ce grès pendant l'espace de quelques minutes, et j'ai exposé le vaisseau en plein air. Quelques jours après, je me suis aperçu qu'il s'étoit formé sur ce grès une couche de plus d'un quart de pouce d'épaisseur d'une terre jaunâtre très fine, très grasse et très ductile : j'ai versé alors par inclinaison l'eau qui surnageoit, dans un autre vaisseau, et cette terre, plus légère que le grès, s'en est séparée sans qu'il s'y soit mêlé. La quantité que j'en ai retirée par cette première lotion étoit trop considérable pour pouvoir penser que, dans un espace de temps aussi court, il eût pu se faire une assez grande décomposition de grès pour avoir produit autant de terre : j'ai donc jugé qu'il falloit que cette terre fût déjà dans le grès dans le même état que je l'en avois retirée, et qu'il se faisoit peut-être ainsi continuellement une décomposition du grès dans sa propre mine. J'ai rempli ensuite le vaisseau de nouvelle eau distillée; j'ai agité le grès pendant quelques instants, et, trois jours après, j'ai encore trouvé sur ce grès une couche de terre de la même qualité que la première, mais plus mince de moitié. Ayant mis à part ces espèces de sécrétions, j'ai continué, pendant le cours de plus d'une année, cette même opération et ces expériences que j'avois commencées dans le mois d'avril; et la quantité de terre que m'a produite ce grès a diminué peu à peu, jusqu'à ce qu'au bout de deux mois, en transvidant l'eau du vaisseau qui le contenoit, je ne trouvai plus sur le grès qu'une pellicule terreuse qui n'avoit pas une ligne d'épaisseur; mais aussi pendant tout le reste de l'année, et tant que le grès a été dans l'eau, cette pellicule n'a jamais manqué de se former dans l'espace de deux ou trois jours, sans augmenter ni diminuer en épaisseur, à l'exception du temps où j'ai été obligé, par rapport à la gelée, de mettre le vaisseau à couvert,

noissance que j'ai dit, dans ma *Théorie de la terre*, que les argiles n'étoient que des sables vitrescibles décomposés et pourris. J'ajoute ici que c'est probablement à cette décomposition du sable vitrescible dans l'eau qu'on doit attribuer

de mettre le vaisseau à couvert, qu'il ma paru que la décomposition du grès se faisoit un peu plus lentement. Quelque temps après avoir mis ce grès dans l'eau, j'y ai aperçu une grande quantité de paillettes brillantes et argentées, comme le sont celles du talc, qui n'y étoient pas auparavant, et j'ai jugé que c'étoit là son premier état de décomposition; que ses molécules, formées de plusieurs petites couches, s'exfolioient, comme j'ai observé qu'il arrivoit au verre dans certaines circonstances, et que ces paillettes s'atténuoient ensuite peu à peu dans l'eau, jusqu'à ce que, devenues si petites qu'elles n'avoient plus assez de surface pour réfléchir la lumière, elles acquéroient la forme et les propriétés d'une véritable terre : j'ai donc amassé et mis à part toutes les sécrétions terreuses que les deux livres de grès m'ont produites pendant le cours de plus d'une année; et lorsque cette terre a été bien sèche, elle pesoit environ cinq onces. J'ai aussi pesé le grès après l'avoir fait sécher, et il avoit diminué en pesanteur dans la même proportion, de sorte qu'il s'en étoit décomposé un peu plus de la sixième partie. Toute cette terre étoit au reste de la même qualité, et les dernières sécrétions étoient aussi grasses, aussi ductiles que les premières, et toujours d'un jaune tirant sur l'orangé : mais comme j'y apercevois encore quelques paillettes brillantes, quelques molécules de grès qui n'étoient pas entièrement décomposées, j'ai remis cette terre avec de l'eau dans un vaisseau de verre, et je l'ai laissée exposée à l'air, sans la remuer, pendant tout un été, ajoutant de temps en temps de nouvelle eau à mesure qu'elle s'évaporoit; un mois après, cette eau a commencé à se corrompre, et elle est devenue verdâtre et de mauvaise odeur : la terre paroissoit être aussi dans un état de fermentation ou de putréfaction, car il s'en élevoit une grande quantité de bulles d'air; et quoiqu'elle eût conservé à sa superficie sa couleur jaunâtre, celle qui étoit au fond du vaisseau étoit brune, et cette couleur s'étendoit de jour en jour, et paroissoit plus foncée, de sorte qu'à la fin de l'été cette terre étoit devenue absolument noire. J'ai laissé évaporer l'eau sans en remettre de nouvelle dans le vaisseau; et en ayant tiré la terre, qui ressembloit assez à de l'argile grise lorsqu'elle est humectée, je l'ai fait sécher à la chaleur du feu; et lorsqu'elle a été échauffée, il m'a paru qu'elle exhaloit une odeur sulfureuse : mais ce qui m'a surpris davantage, c'est qu'à proportion qu'elle s'est desséchée la couleur noire s'est un peu effacée, et elle est devenue aussi blanche que l'argile la plus blanche; d'où on peut conjecturer que c'étoit par conséquent une matière volatile qui lui communiquoit cette couleur brune : les esprits acides n'ont fait aucune impression sur cette terre; et lui ayant fait éprouver un degré de chaleur assez violent, elle n'a point rougi comme l'argile grise, mais elle a conservé sa blancheur; de sorte qu'il me paroît évident que cette matière que ma produit le grès, en s'atténuant et en se décomposant dans l'eau, est une véritable argile blanche. » (Note communiquée à M. de Buffon par M. Nadault, correspondant de l'Académie des Sciences, ancien avocat général de la chambre des comptes de Dijon.) (*Add. Buff.*)

l'origine de l'acide; car le principe acide qui se trouve dans l'argile peut être regardé comme une combinaison de terre vitrescible avec le feu, l'air et l'eau; et c'est ce même principe acide qui est la première cause de la ductilité de l'argile et de toutes les autres matières, sans même en excepter les bitumes, les huiles et les graisses, qui ne sont ductiles et ne communiquent de la ductilité aux autres matières que parce qu'elles contiennent des acides.

Après la chute et l'établissement des eaux bouillantes sur la surface du globe, la plus grande partie des scories de verre qui la couvroient en entier ont donc été converties en assez peu de temps en argiles: tous les mouvements de la mer ont contribué à la prompte formation de ces mêmes argiles, en remuant et transportant les scories et les poudres de verre, et les forçant de se présenter à l'action de l'eau dans tous les sens; et, peu de temps après, les argiles formées par l'intermède et l'impression de l'eau ont successivement été transportées et déposées au-dessus de la roche primitive du globe, c'est-à-dire au-dessus de la masse solide de matières vitrescibles qui en fait le fond, et qui, par sa ferme consistance et sa dureté, avoit résisté à cette même action des eaux.

La décomposition des poudres et des sables vitrescibles, et la production des argiles, se sont faites en d'autant moins de temps que l'eau étoit plus chaude: cette décomposition a continué de se faire et se fait encore tous les jours, mais plus lentement et en bien moindre quantité; car, quoique les argiles se présentent presque partout comme enveloppant le globe, quoique souvent ces couches d'argiles aient cent et deux cents pieds d'épaisseur, quoique les rochers de pierres calcaires et toutes les collines composées de ces pierres soient ordinairement appuyées sur des couches argileuses, on trouve quelquefois au-dessous de ces mêmes couches des sables vitrescibles qui n'ont pas été convertis et qui conservent le caractère de leur première origine. Il y a aussi des sables vitrescibles à la superficie de la terre et sur celle du fond des mers: mais la formation de ces sables vitrescibles qui se présentent à l'exté-

rieur est d'un temps bien postérieur à la formation des autres sables de même nature qui se trouvent à de grandes profondeurs sous les argiles; car ces sables qui se présentent à la superficie de la terre ne sont que les détriments des granites, des grès et de la roche vitreuse, dont les masses forment les noyaux et les sommets des montagnes, desquelles les pluies, la gelée et les autres agents extérieurs, ont détaché et détachent encore tous les jours de petites parties, qui sont ensuite entraînées et déposées par les eaux courantes sur la surface de la terre; on doit donc regarder comme très récente, en comparaison de l'autre, cette production des sables vitrescibles qui se présentent sur le fond de la mer ou à la superficie de la terre.

Ainsi les argiles et l'acide qu'elles contiennent ont été produits très peu de temps après l'établissement des eaux, et peu de temps avant la naissance des coquillages; car nous trouvons dans ces mêmes argiles une infinité de bélemnites, de pierres lenticulaires, de cornes d'ammon et d'autres échantillons de ces espèces perdues dont on ne trouve nulle part les analogues vivants. J'ai trouvé moi-même dans une fouille que j'ai fait creuser à cinquante pieds de profondeur, au plus bas d'un petit vallon[1] tout composé d'argile, et dont les collines voisines étoient aussi d'argile jusqu'à quatre-vingts pieds de hauteur; j'ai trouvé, dis-je, des bélemnites qui avoient huit pouces de long sur près d'un pouce de diamètre, et dont quelques-unes étoient attachées à une partie plate et mince comme l'est le têt des crustacés. J'y ai trouvé de même un grand nombre de cornes d'ammon pyriteuses et bronzées, et des milliers de pierres lenticulaires. Ces anciennes dépouilles étoient, comme l'on voit, enfouies dans l'argile à cent trente pieds de profondeur; car, quoiqu'on n'eût creusé qu'à cinquante pieds dans cette argile au milieu du vallon, il est certain que l'épaisseur de cette argile étoit originairement de cent trente pieds, puisque les couches en sont élevées des deux côtés à quatre-vingts pieds de hauteur au-dessus: cela me fut

[1] Ce petit vallon est tout voisin de la ville de Montbard, au midi.

27.

démontré par la correspondance de ces couches et par celle des bancs de pierres calcaires qui les surmontent de chaque côté du vallon. Ces bancs calcaires ont cinquante-quatre pieds d'épaisseur, et leurs différents lits se trouvent correspondants et posés horizontalement à la même hauteur au-dessus de la couche immense d'argile qui leur sert de base et s'étend sous les collines calcaires de toute cette contrée.

Le temps de la formation des argiles a donc immédiatement suivi celui de l'établissement des eaux; le temps de la formation des premiers coquillages doit être placé quelques siècles après; et le temps du transport de leurs dépouilles a suivi presque immédiatement : il n'y a eu d'intervalle qu'autant que la nature en a mis entre la naissance et la mort de ces animaux à coquilles. Comme l'impression de l'eau convertissoit chaque jour les sables vitrescibles en argiles, et que son mouvement les transportoit de place en place, elle entraînoit en même temps les coquillages et les autres dépouilles et debris des productions marines, et déposant le tout comme des sédiments; elle a formé dès-lors les couches d'argile où nous trouvons aujourd'hui ces monuments, les plus anciens de la nature organisée, dont les modèles ne subsistent plus. Ce n'est pas qu'il n'y ait aussi dans les argiles des coquilles dont l'origine est moins ancienne, et même quelques espèces que l'on peut comparer avec celles de nos mers, et mieux encore avec celles des mers méridionales; mais cela n'ajoute aucune difficulté à nos explications, car l'eau n'a pas cessé de convertir en argiles toutes les scories de verre et tous les sables vitrescibles qui se sont présentés à son action : elle a donc formé des argiles en grande quantité dès qu'elle s'est emparée de la surface de la terre : elle a continué et continue encore de produire le même effet; car la mer transporte aujourd'hui ses vases avec les dépouilles des coquillages actuellement vivants, comme elle a autrefois transporté ces mêmes vases avec les dépouilles des coquillages alors existants.

La formation des schistes, des ardoises, des charbons de terre et des matières bitumineuses, date à peu près du même

temps : ces matières se trouvent ordinairement dans les argiles à d'assez grandes profondeurs; elles paroissent même avoir précédé l'établissement local des dernières couches d'argile, car au-dessous de cent trente pieds d'argile dont les lits contenoient des bélemnites, des cornes d'ammon, et d'autres débris des plus anciennes coquilles, j'ai trouvé des matières charbonneuses et inflammables; et l'on sait que la plupart des mines de charbon de terre sont plus ou moins surmontées par des couches de terre argileuses. Je crois même pouvoir avancer que c'est dans ces terres qu'il faut chercher les veines de charbon, desquelles la formation est un peu plus ancienne que celle des couches extérieures des terres argileuses qui les surmontent : ce qui le prouve, c'est que les veines de ces charbons de terre sont presque toujours inclinées, tandis que celle des argiles, ainsi que toutes les autres couches extérieures du globe, sont ordinairement horizontales. Ces dernières ont donc été formées par le sédiment des eaux qui s'est déposé de niveau sur une base horizontale, tandis que les autres, puisqu'elles sont inclinées, semblent avoir été amenées par un courant sur un terrain en pente. Ces veines de charbon, qui toutes sont composées de végétaux mêlés de plus ou moins de bitume, doivent leur origine aux premiers végétaux que la terre a formés : toutes les parties du globe qui se trouvoient élevées au-dessus des eaux produisirent, dès les premiers temps, une infinité de plantes et d'arbres de toute espèce, lesquels bientôt tombant de vétusté furent entraînés par les eaux, et formèrent des dépôts de matières végétales en une infinité d'endroits; et comme les bitumes et les autres huiles terrestres paroissent provenir des substances végétales et animales, qu'en même temps l'acide provient de la décomposition du sable vitrescible par le feu, l'air et l'eau, et qu'enfin il entre de l'acide dans la composition des bitumes, puisque avec une huile végétale et de l'acide on peut faire du bitume, il paroît que les eaux se sont dès-lors mêlées avec ces bitumes et s'en sont imprégnées pour toujours; et comme elles transportoient incessamment les arbres et les autres matières végétales

descendues des hauteurs de la terre, ces matières végétales ont continué de se mêler avec les bitumes déjà formés des résidus des premiers végétaux, et la mer, par son mouvement et par ses courants, les a remuées, transportées et déposées sur les éminences d'argile qu'elle avoit formées précédemment.

Les couches d'ardoises, qui contiennent aussi des végétaux et même des poissons, ont été formées de la même manière, et l'on peut en donner des exemples qui sont, pour ainsi dire, sous nos yeux. Ainsi les ardoisières et les mines de charbon ont ensuite été recouvertes par d'autres couches de terres argileuses que la mer a déposées dans des temps postérieurs : il y a même eu des intervalles considérables et des alternatives de mouvement entre l'établissement des différentes couches de charbon dans le même terrain; car on trouve souvent au-dessous de la première couche de charbon une veine d'argile ou d'autre terre qui suit la même inclinaison, et ensuite on trouve assez communément une seconde couche de charbon inclinée comme la première, et souvent une troisième, également séparées l'une de l'autre par des veines de terre, et quelquefois même par des bancs de pierres calcaires, comme dans les mines de charbon du Hainaut. L'on ne peut donc pas douter que les couches les plus basses de charbon n'aient été produites, les premières, par le transport des matières végétales amenées par les eaux; et lorsque le premier dépôt d'où la mer enlevoit ces matières végétales se trouvoit épuisé, le mouvement des eaux continuoit de transporter au même lieu les terres ou les autres matières qui environnoient ce dépôt : ce sont ces terres qui forment aujourd'hui la veine intermédiaire entre les deux couches de charbon; ce qui suppose que l'eau amenoit ensuite, de quelque autre dépôt, des matières végétales pour former la seconde couche de charbon. J'entends ici par couches la veine entière de charbon prise dans toute son épaisseur, et non pas les petites couches ou feuillets dont la substance même du charbon est composée, et qui souvent sont extrêmement minces : ce sont ces mêmes feuillets, toujours parallèles entre eux, qui démontrent que ces masses de charbon ont été for-

mées et déposées par le sédiment, et même par la stillation des eaux imprégnées de bitume; et cette même forme de feuillets se trouve dans les nouveaux charbons dont les couches se forment par stillation, aux dépens des couches les plus anciennes. Ainsi les feuillets du charbon de terre ont pris leur forme par deux causes combinées: la première est le dépôt toujours horizontal de l'eau; et la seconde, la disposition des matières végétales, qui tendent à faire des feuillets[1]. Au surplus, ce sont les morceaux de bois, souvent entiers, et les détriments très reconnoissables d'autres végétaux, qui prouvent évidemment que la substance de ces charbons de terre n'est qu'un assemblage de débris de végétaux liés ensemble par des bitumes.

La seule chose qui pourroit être difficile à concevoir, c'est l'immense quantité de débris de végétaux que la composition de ces mines de charbon suppose; car elles sont très épaisses, très étendues, et se trouvent en une infinité d'endroits: mais si l'on fait attention à la production, peut-être encore plus immense de végétaux qui s'est faite pendant vingt ou vingt-cinq mille ans, et si l'on pense en même temps que l'homme n'étant pas encore créé, il n'y avoit aucune destruction des végétaux par le feu, on sentira qu'ils ne pouvoient manquer d'être emportés par les eaux, et de former en mille endroits différents des couches très étendues de matière végétale. On peut se faire une idée en petit de ce qui est alors arrivé en grand: quelle énorme quantité de gros arbres certains fleuves, comme le Mississipi, n'entraînent-ils pas dans la mer! Le nombre de ces arbres est si prodigieux, qu'il empêche, dans certaines saisons, la navigation de ce large fleuve: il en est de même sur la rivière des Amazones et sur la plupart des grands fleuves des continents déserts ou mal peuplés. On peut donc penser, par cette comparaison, que toutes les terres élevées au-dessus des eaux étant dans le commencement couvertes d'arbres et d'autres végétaux que rien ne détruisoit que leur vétusté, il s'est fait, dans cette longue période de temps, des transports

[1] Voyez l'expérience de M. de Morveau sur une concrétion blanche qui est devenue du charbon de terre noir et feuilleté.

successifs de tous ces végétaux et de leurs détriments, entraînés par les eaux courantes du haut des montagnes jusqu'aux mers. Les mêmes contrées inhabitées de l'Amérique nous en fournissent un exemple frappant : on voit à la Guiane des forêts de palmiers *lataniers* de plusieurs lieues d'étendue, qui croissent dans les espèces de marais qu'on appelle des *savanes noyées*, qui ne sont que des appendices de la mer ; ces arbres, après avoir vécu leur âge, tombent de vétusté, et sont emportés par le mouvement des eaux. Les forêts plus éloignées de la mer, et qui couvrent toutes les hauteurs de l'intérieur du pays, sont moins peuplées d'arbres sains et vigoureux que jonchées d'arbres décrépits et à demi pourris. Les voyageurs qui sont obligés de passer la nuit dans ces bois ont soin d'examiner le lieu qu'ils choisissent pour gîte, afin de reconnoître s'il n'est environné que d'arbres solides, et s'ils ne courent pas risque d'être écrasés pendant leur sommeil par la chute de quelques arbres pourris sur pied ; et la chute de ces arbres en grand nombre est très fréquente : un seul coup de vent fait souvent un abattis si considérable qu'on en entend le bruit à de très grandes distances. Ces arbres, roulant du haut des montagnes, en renversent quantité d'autres, et ils arrivent ensemble dans les lieux les plus bas, où ils achèvent de pourrir, pour former de nouvelles couches de terre végétale ; ou bien ils sont entraînés par les eaux courantes dans les mers voisines, pour aller former au loin de nouvelles couches de charbon fossile.

Les détriments des substances végétales sont donc le premier fonds des mines de charbon ; ce sont des trésors que la nature semble avoir accumulés d'avance pour les besoins à venir des grandes populations. Plus les hommes se multiplieront, plus les forêts diminueront : les bois ne pouvant plus suffire à leur consommation, ils auront recours à ces immenses dépôts de matières combustibles, dont l'usage leur deviendra d'autant plus nécessaire que le globe se refroidira davantage ; néanmoins ils ne les épuiseront jamais, car une seule de ces mines de charbon contient peut-être plus de matière combustible que toutes les forêts d'une vaste contrée.

L'ardoise, qu'on doit regarder comme une argile durcie, est formée par couches qui contiennent de même du bitume et des végétaux, mais en bien plus petite quantité; et en même temps elles renferment souvent des coquilles, des crustacés et des poissons, qu'on ne peut rapporter à aucune espèce connue. Ainsi l'origine des charbons et des ardoises date du même temps; la seule différence qu'il y ait entre ces deux sortes de matières, c'est que les végétaux composent la majeure partie de la substance des charbons de terre, au lieu que le fonds de la substance de l'ardoise est le même que celui de l'argile, et que les végétaux, ainsi que les poissons, ne paroissent s'y trouver qu'accidentellement et en assez petit nombre: mais toutes deux contiennent du bitume, et sont formées par feuillets ou par couches très minces, toujours parallèles entre elles; ce qui démontre clairement qu'elles ont également été produites par les sédiments successifs d'une eau tranquille, et dont les oscillations étoient parfaitement réglées, telles que sont celles de nos marées ordinaires ou des courants constants des eaux.

Reprenant donc pour un instant tout ce que je viens d'exposer, la masse du globe terrestre, composée de verre en fusion, ne présentoit d'abord que les boursouflures et les cavités irrégulières qui se forment à la superficie de toute matière liquéfiée par le feu et dont le refroidissement resserre les parties. Pendant ce temps et dans le progrès du refroidissement, les éléments se sont séparés, les liquations et les sublimations des substances métalliques et minérales se sont faites, elles ont occupé les cavités des terres élevées et les fentes perpendiculaires des montagnes; car ces pointes avancées au-dessus de la surface du globe s'étant refroidies les premières, elles ont aussi présenté aux éléments extérieurs les premières fentes produites par le resserrement de la matière qui se refroidissoit. Les métaux et les minéraux ont été poussés par la sublimation, ou déposés par les eaux, dans toutes ces fentes; et c'est par cette raison qu'on les trouve presque tous dans les hautes montagnes, et qu'on ne rencontre dans les terres plus basses

que des mines de nouvelle formation : peu de temps après, les argiles se sont formées, les premiers coquillages et les premiers végétaux ont pris naissance ; et, à mesure qu'ils ont péri, leurs dépouilles et leurs détriments ont fait les pierres calcaires, et ceux des végétaux ont produit les bitumes et les charbons ; et en même temps les eaux, par leur mouvement et par leurs sédiments, ont composé l'organisation de la surface de la terre par couches horizontales ; ensuite les courants de ces mêmes eaux lui ont donné sa forme extérieure par angles saillants et rentrants ; et ce n'est pas trop étendre le temps nécessaire pour toutes ces grandes opérations et ces immenses constructions de la nature, que de compter vingt mille ans depuis la naissance des premiers coquillages et des premiers végétaux : ils étoient déjà très multipliés, très nombreux, à la date de quarante-cinq mille ans de la formation de la terre ; et comme les eaux, qui d'abord étoient si prodigieusement élevées, s'abaissèrent successivement et abandonnèrent les terres qu'elles surmontoient auparavant, ces terres présentèrent dès-lors une surface toute jonchée de productions marines.

La durée du temps pendant lequel les eaux couvroient nos continents a été très longue ; l'on n'en peut pas douter en considérant l'immense quantité de productions marines qui se trouvent jusqu'à d'assez grandes profondeurs et à de très grandes hauteurs dans toutes les parties de la terre : et combien ne devons-nous pas encore ajouter de durée à ce temps déjà si long, pour que ces mêmes productions marines aient été brisées, réduites en poudre, et transportées par le mouvement des eaux, pour former ensuite les marbres, les pierres calcaires et les craies ! Cette longue suite de siècles, cette durée de vingt mille ans, me paroît encore trop courte pour la succession des effets que tous ces monuments nous démontrent.

Car il faut se représenter ici la marche de la nature, et même se rappeler l'idée de ses moyens. Les molécules organiques vivantes ont existé dès que les éléments d'une chaleur douce ont pu s'incorporer avec les substances qui composent

les corps organisés; elles ont produit sur les parties élevées du globe une infinité de végétaux, et dans les eaux un nombre immense de coquillages, de crustacés et de poissons, qui se sont bientôt multipliés par la voie de la génération. Cette multiplication des végétaux et des coquillages, quelque rapide qu'on puisse la supposer, n'a pu se faire que dans un grand nombre de siècles, puisqu'elle a produit des volumes aussi prodigieux que le sont ceux de leurs détriments. En effet, pour juger de ce qui s'est passé, il faut considérer ce qui se passe : or ne faut-il pas bien des années pour que des huîtres qui s'amoncellent dans quelques endroits de la mer s'y multiplient en assez grande quantité pour former une espèce de rocher? Et combien n'a-t-il pas fallu de siècles pour que toute la matière calcaire de la surface du globe ait été produite? Et n'est-on pas forcé d'admettre non-seulement des siècles, mais des siècles de siècles, pour que ces productions marines aient été non-seulement réduites en poudre, mais transportées et déposées par les eaux, de manière à pouvoir former les craies, les marnes, les marbres et les pierres calcaires? Et combien de siècles encore ne faut-il pas admettre pour que ces mêmes matières calcaires, nouvellement déposées par les eaux, se soient purgées de leur humidité superflue, puis séchées et durcies au point qu'elles le sont aujourd'hui et depuis si longtemps?

Comme le globe terrestre n'est pas une sphère parfaite, qu'il est plus épais sous l'équateur que sous les pôles, et que l'action du soleil est aussi bien plus grande dans les climats méridionaux, il en résulte que les contrées polaires ont été refroidies plus tôt que celles de l'équateur. Ces parties polaires de la terre ont donc reçu les premières les eaux et les matières volatiles qui sont tombées de l'atmosphère : le reste de ces eaux a dû tomber ensuite sur les climats que nous appelons *tempérés*, et ceux de l'équateur auront été les derniers abreuvés. Il s'est passé bien des siècles avant que les parties de l'équateur aient été assez attiédies pour admettre les eaux; l'équilibre et même l'occupation des mers a donc été long-

temps à se former et à s'établir, et les premières inondations ont dû venir des deux pôles. Mais nous avons remarqué [1] que tous les continents terrestres finissent en pointe vers les régions australes : ainsi les eaux sont venues en plus grande quantité du pôle austral que du pôle boréal, d'où elles ne pouvoient que refluer et non pas arriver, du moins avec autant de force : sans quoi les continents auroient pris une forme toute différente de celle qu'ils nous présentent; ils se seroient élargis vers les plages australes, au lieu de se rétrécir. En effet, les contrées du pôle austral ont dû se refroidir plus vite que celles du pôle boréal, et par conséquent recevoir plus tôt les eaux de l'atmosphère, parce que le soleil fait un peu moins de séjour sur cet hémisphère austral que sur le boréal; et cette cause me paroît suffisante pour avoir déterminé le premier mouvement des eaux, et le perpétuer ensuite assez long-temps pour avoir aiguisé les pointes de tous les continents terrestres.

D'ailleurs il est certain que les deux continents n'étoient pas encore séparés vers notre nord, et que même leur séparation ne s'est faite que long-temps après l'établissement de la nature vivante dans nos climats septentrionaux, puisque les éléphants ont en même temps existé en Sibérie et au Canada; ce qui prouve invinciblement la continuité de l'Asie ou de l'Europe avec l'Amérique, tandis qu'au contraire il paroît également certain que l'Afrique étoit, dès les premiers temps, séparée de l'Amérique méridionale, puisqu'on n'a pas trouvé dans cette partie du Nouveau-Monde un seul des animaux de l'ancien continent, ni aucune dépouille qui puisse indiquer qu'ils y aient autrefois existé. Il paroît que les éléphants dont on trouve les ossements dans l'Amérique septentrionale y sont demeurés confinés; qu'ils n'ont pu franchir les hautes montagnes qui sont au sud de l'isthme de Panama, et qu'ils n'ont jamais pénétré dans les vastes contrées de l'Amérique méridionale : mais il est encore plus certain que les mers qui séparent l'Afrique et l'Amérique existoient avant la naissance des éléphants en Afrique; car si ces deux continents eussent été contigus, les

[1] Voyez tome I, Théorie de la terre, article *Géographie*.

animaux de Guinée se trouveroient au Brésil, et l'on eût trouvé des dépouilles de ces animaux dans l'Amérique méridionale, comme l'on en trouve dans les terres de l'Amérique septentrionale.

Ainsi, dès l'origine et dans le commencement de la nature vivante, les terres les plus élevées du globe et les parties de notre nord ont été les premières peuplées par les espèces d'animaux terrestres auxquels la grande chaleur convient le mieux : les régions de l'équateur sont demeurées long-temps désertes, et même arides et sans mers. Les terres élevées de la Sibérie, de la Tartarie et de plusieurs autres endroits de l'Asie, toutes celles de l'Europe qui forment la chaîne des montagnes de Galice, des Pyrénées, de l'Auvergne, des Alpes, des Apennins, de Sicile, de la Grèce et de la Macédoine, ainsi que les monts Riphées, Rymniques, etc., ont été les premières contrées habitées, même pendant plusieurs siècles, tandis que toutes les terres moins élevées étoient encore couvertes par les eaux.

Pendant ce long espace de durée que la mer a séjourné sur nos terres, les sédiments et les dépôts des eaux ont formé les couches horizontales de la terre, les inférieures d'argiles, et les supérieures de pierres calcaires. C'est dans la mer même que s'est opérée la pétrification des marbres et des pierres : d'abord ces matières étoient molles, ayant été successivement déposées les unes sur les autres, à mesure que les eaux les amenoient et les laissoient tomber en forme de sédiments; ensuite elles se sont peu à peu durcies par la force de l'affinité de leurs parties constituantes, et enfin elles ont formé toutes les masses des rochers calcaires, qui sont composées de couches horizontales ou également inclinées, comme le sont toutes les autres matières déposées par les eaux.

C'est dès les premiers temps de cette même période de durée que se sont déposées les argiles où se trouvent les débris des anciens coquillages; et ces animaux à coquilles n'étoient pas les seuls alors existants dans la mer; car, indépendamment des coquilles, on trouve des débris de crustacés, des pointes d'oursins, des vertèbres d'étoiles, dans ces mêmes argiles; et

dans les ardoises, qui ne sont que des argiles durcies et mêlées d'un peu de bitume, on trouve, ainsi que dans les schistes, des impressions entières et très bien conservées de plantes, de crustacés et de poissons de différentes grandeurs : enfin dans les minières de charbon de terre, la masse entière de charbon ne paroît composée que de débris de végétaux. Ce sont là les plus anciens monuments de la nature vivante, et les premières productions organisées tant de la mer que de la terre.

Les régions septentrionales et les parties les plus élevées du globe, et surtout les sommets des montagnes dont nous avons fait l'énumération, et qui, pour la plupart, ne présentent aujourd'hui que des faces sèches et des sommets stériles, ont donc autrefois été des terres fécondes, et les premières où la nature se soit manifestée, parce que ces parties du globe ayant été bien plus tôt refroidies que les terres plus basses ou plus voisines de l'équateur, elles auront les premières reçu les eaux de l'atmosphère et toutes les autres matières qui pouvoient contribuer à la fécondation. Ainsi l'on peut présumer qu'avant l'établissement fixe des mers, toutes les parties de la terre qui se trouvoient supérieures aux eaux ont été fécondées, et qu'elles ont dû, dès-lors et dans ce temps, produire les plantes dont nous retrouvons aujourd'hui les impressions dans les ardoises et toutes les substances végétales qui composent les charbons de la terre.

Dans ce même temps où nos terres étoient couvertes par la mer, et tandis que les bancs calcaires de nos collines se formoient des détriments de ses productions, plusieurs monuments nous indiquent qu'il se détachoit du sommet des montagnes primitives, et des autres parties découvertes du globe, une grande quantité de substances vitrescibles, lesquelles sont venues par alluvion, c'est-à-dire par le transport des eaux, remplir les fentes et les autres intervalles que les masses calcaires laissoient entre elles. Ces fentes perpendiculaires, ou légèrement inclinées dans les bancs calcaires, se sont formées par le resserrement de ces matières calcaires, lorsqu'elles se sont séchées et endurcies, de la même manière que s'étoient faites précédem-

ment les premières fentes perpendiculaires dans les montagnes vitrescibles produites par le feu, lorsque ces matières se sont resserrées par leur consolidation. Les pluies, les vents et les autres agens extérieurs avoient déjà détaché de ces masses vitrescibles une grande quantité de petits fragments que les eaux transportoient en différents endroits. En cherchant des mines de fer dans des collines de pierres calcaires, j'ai trouvé plusieurs fentes et cavités remplies de mines de fer en grains, mêlées de sable vitrescible et de petits cailloux arrondis. Ces sacs ou nids de mine de fer ne s'étendent pas horizontalement, mais descendent presque perpendiculairement, et ils sont tous situés sur la crête la plus élevée des collines calcaires [1]. J'ai reconnu plus d'une centaine de ces sacs, et j'en ai trouvé huit principaux et très considérables dans la seule étendue de terrain qui avoisine mes forges, à une ou deux lieues de distance : toutes ces mines étoient en grains assez menus, et plus ou moins mélangées de sable vitrescible et de petits cailloux. J'ai fait exploiter cinq de ces mines pour l'usage de mes fourneaux : on a fouillé les unes à cinquante ou soixante pieds, et les autres jusqu'à cent soixante-quinze pieds de profondeur : elles sont toutes également situées dans les fentes des rochers calcaires ; et il n'y a dans cette contrée ni roc vitrescible, ni quartz, ni grès, ni cailloux, ni granites ; en sorte que ces mines de fer, qui sont en grains plus ou moins gros, et qui sont toutes plus ou moins mélangées de sable vitrescible et de petits cailloux, n'ont pu se former dans les matières calcaires où elles sont renfermées de tous côtés comme entre deux murailles, et par conséquent elles y ont été amenées de loin par le mouvement des eaux, qui les y auront déposées en même temps qu'elles déposoient ailleurs des glaises et d'autres sédiments ; car ces sacs de mine de fer en grains sont tous surmontés ou latéralement accompagnés d'une espèce de terre limoneuse rougeâtre, plus pétrissable, plus pure et plus fine

[1] Je puis encore citer ici les mines de fer en pierre qui se trouvent en Champagne, et qui sont *ensachées* entre les rochers calcaires, dans des directions et des inclinaisons différentes, perpendiculaires ou obliques.

que l'argile commune. Il paroît même que cette terre limoneuse, plus ou moins colorée de la teinture rouge que le fer donne à la terre, est l'ancienne matrice de ces mines de fer, et que c'est dans cette même terre que les grains métalliques ont dû se former avant leur transport. Ces mines, quoique situées dans des collines entièrement calcaires, ne contiennent aucun gravier de cette même nature; il se trouve seulement, à mesure qu'on descend, quelques masses isolées de pierres calcaires, autour desquelles tournent les veines de la mine, toujours accompagnées de la terre rouge, qui souvent traverse les veines de la mine, ou bien est appliquée contre les parois des rochers calcaires qui la renferment. Et ce qui prouve d'une manière évidente que ces dépôts de mines se sont faits par le mouvement des eaux, c'est qu'après avoir vidé les fentes et cavités qui les contiennent on voit, à ne pouvoir s'y tromper, que les parois de ces fentes ont été usées et même polies par l'eau, et que par conséquent elle les a remplies et baignées pendant un assez long temps, avant d'y avoir déposé la mine de fer, les petits cailloux, le sable vitrescible et la terre limoneuse dont ces fentes sont actuellement remplies: et l'on ne peut pas se prêter à croire que les grains de fer se soient formés dans cette terre limoneuse depuis qu'elle a été déposée dans ces fentes de rochers; car une chose tout aussi évidente que la première s'oppose à cette idée, c'est que la quantité de mines de fer paroît surpasser de beaucoup celle de la terre limoneuse. Les grains de cette substance métallique ont, à la vérité, tous été formés dans cette même terre, qui n'a elle-même été produite que par le résidu des matières animales et végétales, dans lequel nous démontrerons la production du fer en grains; mais cela s'est fait avant leur transport et leur dépôt dans les fentes des rochers. La terre limoneuse, les grains de fer, le sable vitrescible et les petits cailloux, ont été transportés et déposés ensemble; et si depuis il s'est formé dans cette même terre des grains de fer, ce ne peut être qu'en petite quantité. J'ai tiré de chacune de ces mines plusieurs milliers de tonneaux; et, sans avoir mesuré exactement la

quantité de terre limoneuse qu'on a laissée dans ces mêmes cavités, j'ai vu qu'elle étoit bien moins considérable que la quantité de mine de fer dans chacune.

Mais ce qui prouve encore que ces mines de fer en grains ont été toutes amenées par le mouvement des eaux, c'est que dans ce même canton, à trois lieues de distance, il y a une assez grande étendue de terrain formant une espèce de petite plaine au-dessus des collines calcaires, et aussi élevée que celles dont je viens de parler, et qu'on trouve dans ce terrain une grande quantité de mine de fer en grains qui est très différemment mélangée et autrement située : car, au lieu d'occuper les fentes perpendiculaires et les cavités intérieures des rochers calcaires, au lieu de former un ou plusieurs sacs perpendiculaires, cette mine de fer est au contraire déposée *en nappe*, c'est-à-dire par couches horizontales, comme tous les autres sédiments des eaux ; au lieu de descendre profondément comme les premières, elle s'étend presque à la surface du terrain sur une épaisseur de quelques pieds ; au lieu d'être mélangée de cailloux et de sable vitrescible, elle n'est au contraire mêlée partout que de graviers et de sables calcaires. Elle présente de plus un phénomène remarquable : c'est un nombre prodigieux de cornes d'ammon et d'autres anciens coquillages, en sorte qu'il semble que la mine entière en soit composée, tandis que dans les huit autres mines dont j'ai parlé ci-dessus il n'existe pas le moindre vestige de coquilles, ni même aucun fragment, aucun indice du genre calcaire, quoiqu'elles soient enfermées entre des masses de pierres entièrement calcaires. Cette autre mine, qui contient un nombre si prodigieux de débris de coquilles marines, même des plus anciennes, aura donc été transportée avec tous ces débris de coquilles par le mouvement des eaux, et déposée en forme de sédiment par couches horizontales ; et les grains de fer qu'elle contient, et qui sont encore bien plus petits que ceux des premières mines, mêlées de cailloux, auront été amenés avec les coquilles mêmes. Ainsi le transport de toutes ces matières et le dépôt de toutes ces mines de fer en grains se sont faits par alluvion à peu près dans le

même temps, c'est-à-dire lorsque les mers couvroient encore nos collines calcaires.

Et le sommet de toutes ces collines, ni les collines elles-mêmes, ne nous représentent plus à beaucoup près le même aspect qu'elles avoient lorsque les eaux les ont abandonnées. A peine leur forme primitive s'est-elle maintenue ; leurs angles saillants et rentrants sont devenus plus obtus, leurs pentes moins rapides, leurs sommets moins élevés et plus chenus ; les pluies en ont détaché et entraîné les terres : les collines se sont donc rabaissées peu à peu, et les vallons se sont en même temps remplis de ces terres entraînées par les eaux pluviales ou courantes. Qu'on se figure ce que devoit être autrefois la forme du terrain à Paris et aux environs : d'une part, sur les collines de Vaugirard jusqu'à Sèvres, on voit des carrières de pierres calcaires remplies de coquilles pétrifiées ; de l'autre côté, vers Montmartre, des collines de plâtre et de matières argileuses ; et ces collines, à peu près également élevées au-dessus de la Seine, ne sont aujourd'hui que d'une hauteur très médiocre ; mais au fond des puits que l'on a fait à Bicêtre et à l'École militaire on a trouvé des bois travaillés de main d'homme à soixante-quinze pieds de profondeur. Ainsi l'on ne peut douter que cette vallée de la Seine ne se soit remplie de plus de soixante-quinze pieds, seulement depuis que les hommes existent : et qui sait de combien les collines adjacentes ont diminué dans le même temps par l'effet des pluies, et quelle étoit l'épaisseur de terre dont elles étoient autrefois revêtues ? Il en est de même de toutes les autres collines et de toutes les autres vallées ; elles étoient peut-être du double plus élevées et du double plus profondes dans le temps que les eaux de la mer les ont laissées à découvert. On est même assuré que les montagnes s'abaissent encore tous les jours, et que les vallées se remplissent à peu près dans la même proportion ; seulement cette diminution de la hauteur des montagnes, qui ne se fait aujourd'hui que d'une manière presque insensible, s'est faite beaucoup plus vite dans les premiers temps, en raison de la plus grande rapidité de leur pente, et il faudra maintenant plusieurs milliers d'années pour que

les inégalités de la surface de terre se réduisent encore autant qu'elles l'ont fait en peu de siècles dans les premiers âges.

Mais revenons à cette époque antérieure où les eaux, après être arrivées des régions polaires, ont gagné celles de l'équateur. C'est dans ces terres de la zone torride où se sont faits les plus grands bouleversements : pour en être convaincu il ne faut que jeter les yeux sur un globe géographique ; on reconnoîtra que presque tout l'espace compris entre les cercles de cette zone ne présente que les débris de continents bouleversés et d'une terre ruinée. L'immense quantité d'îles, de détroits, de hauts et de bas fonds, de bras de mer et de terre entrecoupés, prouve les nombreux affaissements qui se sont faits dans cette vaste partie du monde. Les montagnes y sont plus élevées, les mers plus profondes, que dans tout le reste de la terre ; et c'est sans doute lorsque ces grands affaissements se sont faits dans les contrées de l'équateur que les eaux qui couvroient nos continents se sont abaissées et retirées en coulant à grands flots vers ces terres du midi, dont elles ont rempli les profondeurs, en laissant à découvert d'abord les parties les plus élevées des terres, ensuite toute la surface de nos continents.

Qu'on se représente l'immense quantité des matières de toute espèce qui ont alors été transportées par les eaux : combien de sédiments de différente nature n'ont-elles pas déposés les uns sur les autres, et combien, par conséquent, la première face de la terre n'a-t-elle pas changé par ces révolutions ! D'une part, le flux et le reflux donnoient aux eaux un mouvement constant d'orient en occident ; d'autre part, les alluvions venant des pôles croissoient ce mouvement et déterminoient les efforts de la mer autant et peut-être plus vers l'équateur que vers l'occident. Combien d'irruptions particulières se sont faites alors de tous côtés ! A mesure que quelque grand affaissement présentoit une nouvelle profondeur, la mer s'abaissoit et les eaux couroient pour la remplir ; et quoiqu'il paroisse aujourd'hui que l'équilibre des mers soit à peu près établi, et que toute leur action se réduise à gagner quelque terrain vers l'occident et en laisser à découvert vers l'orient, il est néanmoins très

certain qu'en général les mers baissent tous les jours de plus en plus, et qu'elles baisseront encore à mesure qu'il se fera quelque nouvel affaissement, soit par l'effet des volcans et des tremblements de terre, soit par des causes plus constantes et plus simples : car toutes les parties caverneuses de l'intérieur du globe ne sont pas encore affaissées ; les volcans et les secousses des tremblements de terre en sont une preuve démonstrative. Les eaux mineront peu à peu les voûtes et les remparts de ces cavernes souterraines ; et lorsqu'il s'en écroulera quelques-unes, la surface de la terre, se déprimant dans ces endroits, formera de nouvelles vallées dont la mer viendra s'emparer. Néanmoins, comme ces événements, qui, dans les commencements, devoient être très fréquents, sont actuellement assez rares, on peut croire que la terre est à peu près parvenue à un état assez tranquille pour que ses habitants n'aient plus à redouter les désastreux effets de ces grandes convulsions.

L'établissement de toutes les matières métalliques et minérales a suivi d'assez près l'établissement des eaux ; celui des matières argileuses et calcaires a précédé leur retraite ; la formation, la situation, la position de toutes ces dernières matières, datent du temps où la mer couvroit les continents. Mais nous devons observer que le mouvement général des mers ayant commencé de se faire alors comme il se fait encore aujourd'hui d'orient en occident, elles ont travaillé la surface de la terre dans ce sens d'orient en occident autant et peut-être plus qu'elles ne l'avoient fait précédemment dans le sens du midi au nord. L'on n'en doutera pas si l'on fait attention à un fait très général et très vrai : c'est que, dans tous les continents du monde, la pente des terres, à la prendre du sommet des montagnes, est toujours beaucoup plus rapide du côté de l'occident que du côté de l'orient [1] ; cela est évident dans le con-

[1] Cela est évident dans le continent de l'Amérique, dont les pentes sont extrêmement rapides vers les mers de l'ouest, et dont toutes les terres s'étendent en pente douce et aboutissent presque toutes à de grandes plaines du côté de la mer à l'orient. En Europe, la ligne du sommet de la Grande-Bretagne, qui s'étend du nord au sud, est bien plus proche du bord occiden-

tinent entier de l'Amérique, où les sommets de la chaîne des Cordilières sont très voisins partout des mers de l'ouest, et sont très éloignés de la mer de l'est. La chaîne qui sépare l'Afrique dans sa longueur, et qui s'étend depuis le cap de Bonne-Espérance jusqu'aux monts de la Lune, est aussi plus voisine des mers à l'ouest qu'à l'est. Il en est de même des montagnes qui s'étendent depuis le cap Comorin dans la pres-

tal que de l'oriental de l'Océan; et, par la même raison, les mers qui sont à l'occident de l'Irlande et de l'Angleterre sont plus profondes que la mer qui sépare l'Angleterre et la Hollande. La ligne du sommet de la Norwège est bien plus proche de l'Océan que de la mer Baltique. Les montagnes du sommet général de l'Europe sont bien plus hautes vers l'occident que vers l'orient; et si l'on prend une partie de ce sommet depuis la Suisse jusqu'en Sibérie, il est bien plus près de la mer Baltique et de la mer Blanche qu'il ne l'est de la mer Noire et de la mer Caspienne. Les Alpes et l'Apennin règnent bien plus près de la Méditerranée que de la mer Adriatique. La chaîne de montagnes qui sort du Tyrol, et qui s'étend en Dalmatie et jusqu'à la pointe de la Morée, côtoie, pour ainsi dire, la mer Adriatique, tandis que les côtes orientales qui leur sont opposées sont plus basses. Si l'on suit en Asie la chaîne qui s'étend depuis les Dardanelles jusqu'au détroit de Babel-Mandel, on trouve que les sommets du mont Taurus, du Liban et de toute l'Arabie, côtoient la Méditerranée et la mer Rouge, et qu'à l'orient ce sont de vastes continents où coulent des fleuves d'un long cours, qui vont se jeter dans le golfe Persique. Le sommet des fameuses montagnes de Gattes s'approche plus des mers occidentales que des mers orientales. Le sommet qui s'étend depuis les frontières occidentales de la Chine jusqu'à la pointe de Malaca est encore plus près de la mer d'Occident que de la mer d'Orient. En Afrique, la chaîne du mont Atlas envoie dans la mer des Canaries des fleuves moins longs que ceux qu'elle envoie dans l'intérieur du continent, et qui vont se perdre au loin dans des lacs et de grands marais. Les hautes montagnes qui sont à l'occident vers le Cap-Vert et dans toute la Guinée, lesquelles, après avoir tourné autour de Congo, vont gagner les monts de la Lune, et s'allongent jusqu'au cap de Bonne-Espérance, occupent assez régulièrement le milieu de l'Afrique. On reconnoîtra néanmoins, et considérant la mer à l'orient et à l'occident, que celle à l'orient est peu profonde, avec grand nombre d'îles, tandis qu'à l'occident elle a plus de profondeur et très peu d'îles; en sorte que l'endroit le plus profond de la mer occidentale est bien plus près de cette chaîne que le plus profond des mers orientales et des Indes.

On voit donc généralement, dans tous les continents, que les points de partage sont toujours beaucoup plus près des mers de l'ouest que des mers de l'est; que les revers de ces continents sont tous allongés vers l'est, et toujours raccourcis à l'ouest; que les mers des rives occidentales sont plus profondes et bien moins semées d'îles que les orientales; et même l'on reconnoîtra que, dans toutes ces mers, les côtes des îles sont toujours plus hautes et les mers qui les baignent plus profondes à l'orient qu'à l'occident. (*Add. Buff.*)

qu'île de l'Inde; elles sont bien plus près de la mer à l'orient qu'à l'occident, et si nous considérons les presqu'îles, les promontoires, les îles et toutes les terres environnées de la mer, nous reconnoîtrons partout que les pentes sont courtes et rapides vers l'occident, et qu'elles sont douces et longues vers l'orient : les revers de toutes les montagnes sont de même plus escarpés à l'ouest qu'à l'est, parce que le mouvement général des mers s'est toujours fait d'orient en occident, et qu'à mesure que les eaux se sont abaissées elles ont détruit les terres et dépouillé les revers des montagnes dans le sens de leur chute, comme l'on voit dans une cataracte les rochers dépouillés et les terres creusées par la chute continuelle de l'eau. Ainsi tous les continents terrestres ont été d'abord aiguisés en pointe vers le midi par les eaux qui sont venues du pôle austral plus abondamment que du pôle boréal; et ensuite ils ont été tous escarpés en pente plus rapide à l'occident qu'à l'orient, dans le temps subséquent où ces mêmes eaux ont obéi au seul mouvement général qui les porte constamment d'orient en occident.

QUATRIÈME ÉPOQUE.

Lorsque les eaux se sont retirées, et que les volcans ont commencé d'agir.

On vient de voir que les éléments de l'air et de l'eau se sont établis par le refroidissement, et que les eaux, d'abord reléguées dans l'atmosphère par la force expansive de la chaleur, sont ensuite tombées sur les parties du globe qui étoient assez attiédies pour ne les pas rejeter en vapeurs; et ces parties sont les régions polaires et toutes les montagnes. Il y a donc eu, à l'époque de trente-cinq mille ans, une vaste mer aux environs de chaque pôle, et quelques lacs ou grandes mares sur les montagnes et les terres élevées qui, se trouvant refroidies au même degré que celles des pôles, pouvoient également recevoir et conserver les eaux; ensuite, à mesure que le globe se refroidissoit, les mers des pôles, toujours alimentées et fournies par la chute des eaux de l'athmosphère, se répandoient plus loin; et les lacs ou grandes mares, également fournis par cette pluie continuelle d'autant plus abondante que l'attiédissement étoit plus grand, s'étendoient en tous sens, et formoient des bassins et des petites mers intérieures dans les parties du globe auxquelles les grandes mers des deux pôles n'avoient point encore atteint : ensuite les eaux continuant à tomber toujours avec plus d'abondance jusqu'à l'entière dépuration de l'atmosphère, elles ont gagné successivement du terrain, et sont arrivées aux contrées de l'équateur; et enfin elles ont couvert toute la surface du globe à deux mille toises de hauteur au-dessus du niveau de nos mers actuelles. La terre entière étoit alors sous l'empire de la mer, à l'exception peut-être du sommet des montagnes primitives, qui n'ont été pour ainsi dire que lavées et baignées pendant le premier temps de la chute des eaux, lesquelles se sont écoulées de ces lieux élevés pour occuper les terrains inférieurs dès qu'ils se sont trouvés assez refroidis pour les admettre sans les rejeter en vapeurs.

Il s'est donc formé successivement une mer universelle, qui n'étoit interrompue et surmontée que par les sommets des montagnes d'où les premières eaux s'étoient déjà retirées en s'écoulant dans les lieux plus bas. Ces terres élevées, ayant été travaillées les premières par le séjour et le mouvement des eaux, auront aussi été fécondées les premières; et tandis que toute la surface du globe n'étoit pour ainsi dire qu'un archipel général, la nature organisée s'établissoit sur ces montagnes: elle s'y déployoit même avec une grande énergie; car la chaleur et l'humidité, ces deux principes de toute fécondation, s'y trouvoient réunis et combinés à un plus haut degré qu'ils ne le sont aujourd'hui dans aucun climat de la terre.

Or dans ce même temps, où les terres élevées au-dessus des eaux se couvroient de grands arbres et de végétaux de toute espèce, la mer générale se peuploit partout de poissons et de coquillages; elle étoit aussi le réceptacle universel de tout ce qui se détachoit des terres qui la surmontoient. Les scories du verre primitif et les matières végétales ont été entraînées des éminences de la terre dans les profondeurs de la mer, sur le fond de laquelle elles ont formé les premières couches de sable vitrescibles, d'argile, de schiste et d'ardoise, ainsi que les minières de charbon, de sel et de bitumes, qui dès-lors ont imprégné toute la masse des mers. La quantité des végétaux produits et détruits dans ces premières terres est trop immense pour qu'on puisse se la représenter; car, quand nous réduirions la superficie de toutes les terres élevées alors au-dessus des eaux à la centième ou même à la deux centième partie de la surface du globe, c'est-à-dire à cent trente mille lieues carrées, il est aisé de sentir combien ce vaste terrain de cent trente mille lieues superficielles a produit d'arbres et de plantes pendant quelques milliers d'années, combien leurs détriments se sont accumulés, et dans quelle énorme quantité ils ont été entraînés et déposés sous les eaux, où ils ont formé le fonds du volume tout aussi grand des mines de charbon qui se trouvent en tant de lieux. Il en est de même des mines de sel, de celles de fer en grains, de pyrites et de

toutes les autres substances dans la composition desquelles il entre des acides, et dont la première formation n'a pu s'opérer qu'après la chute des eaux : ces matières auront été entraînées et déposées dans les lieux bas et dans les fentes de la roche du globe, où trouvant déja les substances minérales sublimées par la grande chaleur de la terre, elles auront formé le premier fonds de l'aliment des volcans à venir ; je dis à venir ; car il n'existoit aucun volcan en action avant l'établissement des eaux, et ils n'ont commencé d'agir, ou plutôt ils n'ont pu prendre une action permanente, qu'après leur abaissement : car l'on doit distinguer les volcans terrestres des volcans marins ; ceux-ci ne peuvent faire que des explosions, pour ainsi dire, momentanées, parce qu'à l'instant que leur feu s'allume par l'effervescence des matières pyriteuses et combustibles, il est immédiatement éteint par l'eau qui les couvre et se précipite à flots jusque dans leur foyer par toutes les routes que le feu s'ouvre pour en sortir. Les volcans de la terre ont au contraire une action durable et proportionnée à la quantité de matières qu'ils contiennent : ces matières ont besoin d'une certaine quantité d'eau pour entrer en effervescence ; et ce n'est ensuite que par le choc d'un grand volume de feu contre un grand volume d'eau, que peuvent se produire leurs violentes éruptions ; et de même qu'un volcan sous-marin ne peut agir que par instants, un volcan terrestre ne peut durer qu'autant qu'il est voisin des eaux. C'est par cette raison que tous les volcans actuellement agissants sont dans les îles ou près des côtes de la mer, et qu'on pourroit en compter cent fois plus d'éteints que d'agissants ; car à mesure que les eaux, en se retirant, se sont trop éloignées du pied de ces volcans, leurs éruptions ont diminué par degrés, et enfin ont entièrement cessé, et les légères effervescences que l'eau pluviale aura pu causer dans leur ancien foyer n'auront produit d'effet sensible que par des circonstances particulières et très rares.

Les observations confirment parfaitement ce que je dis ici de l'action des volcans ; tous ceux qui sont maintenant en travail sont situés près des mers ; tous ceux qui sont éteints, et

dont le nombre est bien plus grand, sont placés dans le milieu des terres, ou tout au moins à quelques distances de la mer; et, quoique la plupart des volcans qui subsistent paroissent appartenir aux plus hautes montagnes, il en a existé beaucoup d'autres dans les éminences de médiocre hauteur. La date de l'âge des volcans n'est donc pas partout la même : d'abord il est sûr que les premiers, c'est-à-dire les plus anciens, n'ont pu acquérir une action permanente qu'après l'abaissement des eaux qui couvroient leur sommet; et ensuite il paroît qu'ils ont cessé d'agir dès que ces mêmes eaux se sont trop éloignées de leur voisinage : car, je le répète, nulle puissance, à l'exception de celle d'une grande masse d'eau choquée contre un grand volume de feu, ne peut produire des mouvements aussi prodigieux que celui de l'éruption des volcans.

Il est vrai que nous ne voyons pas d'assez près la composition intérieure de ces terribles bouches à feu, pour pouvoir prononcer sur leurs effets en parfaite connoissance de cause; nous savons seulement que souvent il y a des communications souterraines de volcan à volcan; nous savons aussi que, quoique le foyer de leur embrasement ne soit peut-être pas à une grande distance de leur sommet, il y a néanmoins des cavités qui descendent beaucoup plus bas, et que ces cavités, dont la profondeur et l'étendue nous sont inconnues, peuvent être, en tout ou en partie, remplies des mêmes matières que celles qui sont actuellement embrasées.

D'autre part, l'électricité me paroît jouer un très grand rôle dans les tremblements de terre et dans les éruptions des volcans; je me suis convaincu par des raisons très solides, et par la comparaison que j'ai faite des expériences sur l'électricité, que *le fonds de la matière électrique est la chaleur propre du globe terrestre :* les émanations continuelles de cette chaleur, quoique sensibles, ne sont pas visibles, et restent sous la forme de chaleur obscure, tant qu'elles ont leur mouvement libre et direct; mais elles produisent un feu très vif et de fortes explosions, dès qu'elles sont détournées de leur direction, ou bien accumulées par le frottement des corps.

Les cavités intérieures de la terre contenant du feu, de l'air et de l'eau, l'action de ce premier élément doit y produire des vents impétueux, des orages bruyants et des tonnerres souterrains dont les effets peuvent être comparés à ceux de la foudre des airs : ces effets doivent être même plus violents et plus durables par la forte résistance que la solidité de la terre oppose de tous côtés à la force électrique de ces tonnerres souterrains. Le ressort d'un air mêlé de vapeurs denses et enflammées par l'électricité, l'effort de l'eau reduite en vapeurs élastiques par le feu, toutes les autres impulsions de cette puissance électrique, soulèvent, entr'ouvrent la surface de la terre, ou du moins l'agitent par des tremblements, dont les secousses ne durent pas plus long-temps que le coup de la foudre intérieure qui les produit; et ces secousses se renouvellent jusqu'à ce que les vapeurs expansives se soient fait une issue par quelque ouverture à la surface de la terre ou dans le sein des mers. Aussi les éruptions des volcans et les tremblements de terre sont précédés et accompagnés d'un bruit sourd et roulant, qui ne diffère de celui du tonnerre que par le ton sépulcral et profond que le son prend nécessairement en traversant une grande épaisseur de matière solide, lorsqu'il s'y trouve renfermé.

Cette électricité souterraine, combinée comme cause générale avec les causes particulières de feux allumés par l'effervescence des matières pyriteuses et combustibles que la terre recèle en tant d'endroits, suffit à l'explication des principaux phénomènes de l'action des volcans : par exemple, leur foyer paroît être assez voisin de leur sommet; mais l'orage est au-dessous. Un volcan n'est qu'un vaste fourneau, dont les soufflets, ou plutôt les ventilateurs, sont placés dans les cavités inférieures, à côté et au-dessous du foyer. Ce sont ces mêmes cavités, lorsqu'elles s'étendent jusqu'à la mer, qui servent de tuyaux d'aspiration pour porter en haut non-seulement les vapeurs, mais les masses même de l'eau et de l'air; c'est dans ce transport que se produit la foudre souterraine, qui s'annonce par des mugissements, et n'éclate que par l'affreux

vomissement des matières qu'elle a frappées, brûlées et calcinées : des tourbillons épais d'une noire fumée ou d'une flamme lugubre, des nuages massifs de cendres et de pierres, des torrents bouillonnants de lave en fusion, roulant au loin leurs flots brûlants et destructeurs, manifestent au dehors le mouvement convulsif des entrailles de la terre.

Ces tempêtes intestines sont d'autant plus violentes qu'elles sont plus voisines des montagnes à volcan et des eaux de la mer, dont le sel et les huiles grasses augmentent encore l'activité du feu; les terres situées entre les volcans et la mer ne peuvent manquer d'éprouver des secousses fréquentes : mais pourquoi n'y a-t-il aucun endroit du monde où l'on n'ait ressenti, même de mémoire d'homme, quelques tremblements, quelque trépidation, causés par ces mouvements intérieurs de la terre? Ils sont, à la vérité, moins violents et bien plus rares dans le milieu des continents éloignés des volcans et des mers; mais ne sont-ils pas des effets dépendants des mêmes causes? Pourquoi donc se font-ils ressentir où ces causes n'existent pas, c'est-à-dire dans les lieux où il n'y a ni mers ni volcans? La réponse est aisée : c'est qu'il y a eu des mers partout et des volcans presque partout, et que, quoique leurs éruptions aient cessé lorsque les mers s'en sont éloignées, leur feu subsiste, et nous est démontré par les sources des huiles terrestres, par les fontaines chaudes et sulfureuses qui se trouvent fréquemment au pied des montagnes, jusque dans le milieu des plus grands continents. Ces feux des anciens volcans, devenus plus tranquilles depuis la retraite des eaux, suffisent néanmoins pour exciter de temps en temps des mouvements intérieurs, et produire de légères secousses dont les oscillations sont dirigées dans le sens des cavités de la terre, et peut-être dans la direction des eaux ou des veines des métaux, comme conducteurs de cette électricité souterraine.

On pourra me demander encore pourquoi tous les volcans sont situés dans les montagnes? Pourquoi paroissent-ils être d'autant plus ardents que les montagnes sont plus hautes? quelle est la cause qui a pu disposer ces énormes cheminées

dans l'intérieur des murs les plus solides et les plus élevés du globe? Si l'on a bien compris ce que j'ai dit au sujet des inégalités produites par le premier refroidissement, lorsque les matières en fusion se sont consolidées, on sentira que les chaînes des hautes montagnes nous représentent les plus grandes boursouflures qui se sont faites à la surface du globe dans le temps qu'il a pris sa consistance. La plupart des montagnes sont donc situées sur des cavités, auxquelles aboutissent les fentes perpendiculaires qui les tranchent du haut en bas: ces cavernes et ces fentes contiennent des matières qui s'enflamment par la seule effervescence, ou qui sont allumées par les étincelles électriques de la chaleur intérieure du globe. Dès que le feu commence à se faire sentir, l'air attiré par la raréfaction en augmente la force et produit bientôt un grand incendie, dont l'effet est de produire à son tour les mouvements et les orages intestins, les tonnerres souterrains, et toutes les impulsions, les bruits et les secousses qui précèdent et accompagnent l'éruption des volcans. On doit donc cesser d'être étonné que les volcans soient tous situés dans les hautes montagnes, puisque ce sont les seuls anciens endroits de la terre où les cavités intérieures se soient maintenues, les seuls où ces cavités communiquent de bas en haut par des fentes qui ne sont pas encore comblées, et enfin les seuls où l'espace vide étoit assez vaste pour contenir la très grande quantité de matières qui servent d'aliment au feu des volcans permanents et encore subsistants. Au reste, ils s'éteindront comme les autres dans la suite des siècles; leurs éruptions cesseront: oserai-je même dire que les hommes pourroient y contribuer? En coûteroit-il autant pour couper la communication d'un volcan avec la mer voisine qu'il en a coûté pour construire les pyramides d'Égypte? Ces monuments inutiles d'une gloire fausse et vaine nous apprennent au moins qu'en employant les mêmes forces pour des monuments de sagesse, nous pourrions faire de grandes choses, et peut-être maîtriser la nature au point de faire cesser, ou du moins de diriger les ravages du

feu, comme nous savons déja, par notre art, diriger et rompre les efforts de l'eau.

Jusqu'au temps de l'action des volcans il n'existoit sur le globe que trois sortes de matières : 1° les vitrescibles produites par le feu primitif; 2° les calcaires formées par l'intermède de l'eau; 4° toutes les substances produites par le détriment des animaux et des végétaux : mais le feu des volcans a donné naissance à des matières d'une quatrième sorte, qui souvent participent de la nature des trois autres. La première classe renferme non-seulement les matières premières solides et vitrescibles dont la nature n'a point été altérée, et qui forment le fond du globe, ainsi que le noyau de toutes les montagnes primordiales, mais encore les sables, les schistes, les ardoises, les argiles et toutes les matières vitrescibles décomposées et transportées par les eaux. La seconde classe contient toutes les matières calcaires, c'est-à-dire toutes les substances produites par les coquillages et autres animaux de la mer : elles s'étendent sur des provinces entières, et couvrent même d'assez vastes contrées; elles se trouvent aussi à des profondeurs assez considérables, et elles environnent les bases des montagnes les plus élevées jusqu'à une très grande hauteur. La troisième classe comprend toutes les substances qui doivent leur origine aux matières animales et végétales, et ces substances sont en très grand nombre; leur quantité paroît immense, car elles recouvrent toute la superficie de la terre. Enfin la quatrième classe est celle des matières soulevées et rejetées par les volcans, dont quelques-unes paroissent être un mélange des premières, et d'autres, pures de tout mélange, ont subi une seconde action du feu qui leur a donné un nouveau caractère. Nous rapportons à ces quatre classes toutes les substances minérales, parce qu'en les examinant on peut toujours reconnoître à laquelle de ces classes elles appartiennent, et par conséquent prononcer sur leur origine : ce qui suffit pour nous indiquer à peu près le temps de leur formation; car, comme nous venons de l'exposer, il paroît

clairement que toutes les matières vitrescibles solides, et qui n'ont pas changé de nature ni de situation, ont été produites par le feu primitif, et que leur formation appartient au temps de notre seconde époque; tandis que la formation des matières calcaires, ainsi que celle des argiles, des charbons, etc., n'a eu lieu que dans des temps subséquents, et doit être rapportée à notre troisième époque. Et comme dans les matières rejetées par les volcans on trouve quelquefois des substances calcaires, et souvent des soufres et des bitumes, on ne peut guère douter que la formation de ces substances rejetées par les volcans ne soit encore postérieure à la formation de toutes ces matières, et n'appartienne à notre quatrième époque.

Quoique la quantité des matières rejetées par les volcans soit très petite en comparaison de la quantité des matières calcaires, elles ne laissent pas d'occuper d'assez grands espaces sur la surface des terres situées aux environs de ces montagnes ardentes et de celles dont les feux sont éteints et assoupis. Par leurs éruptions réitérées elles ont comblé les vallées, couvert les plaines, et même produit d'autres montagnes. Ensuite, lorsque les éruptions ont cessé, la plupart des volcans ont continué de brûler, mais d'un feu paisible et qui ne produit aucune explosion violente, parce qu'étant éloigné des mers il n'y a plus de choc de l'eau contre le feu : les matières en effervescence et les substances combustibles anciennement enflammées continuent de brûler; et c'est ce qui fait aujourd'hui la chaleur de toutes nos eaux thermales : elle passent sur les foyers de ce feu souterrain et sortent très chaudes du sein de la terre. Il y a aussi quelques exemples de mines de charbon qui brûlent de temps immémorial, et qui se sont allumées par la foudre souterraine ou par le feu tranquille d'un volcan dont les éruptions ont cessé. Ces eaux thermales et ces mines allumées se trouvent souvent, commes les volcans éteints, dans les terres éloignées de la mer.

La surface de la terre nous présente en mille endroits les vestiges et les preuves de l'existence de ces volcans éteints : dans la France seule nous connoissons les vieux volcans de

l'Auvergne, du Velay, du Vivarais, de la Provence et du Languedoc. En Italie presque toute la terre est formée de débris des matières volcanisées, et il en est de même de plusieurs autres contrées. Mais pour réunir les objets sous un point de vue général, et concevoir nettement l'ordre des bouleversements que les volcans ont produits à la surface du globe, il faut reprendre notre troisième époque à cette date où la mer étoit universelle et couvroit toute la surface du globe, à l'exception des lieux élevés sur lesquels s'étoit fait le premier mélange des scories vitrées de la masse terrestre avec les eaux : c'est à cette même date que les végétaux ont pris naissance et qu'ils se sont multipliés sur les terres que la mer venoit d'abandonner. Les volcans n'existoient pas encore; car les matières qui servent d'aliment à leur feu; c'est-à-dire les bitumes, les charbons de terre, les pyrites, et mêmes les acides, ne pouvoient s'être formés précédemment, puisque leur composition suppose l'intermède de l'eau et la destruction de végétaux.

Ainsi les premiers volcans ont existé dans les terres élevées du milieu des continents; et à mesure que les mers, en s'abaissant, se sont éloignées de leur pied, leurs feux se sont assoupis et ont cessé de produire ces éruptions violentes qui ne peuvent s'opérer que par le conflit d'une grande masse d'eau contre un grand volume de feu. Or il a fallu vingt mille ans pour cet abaissement successif des mers, et pour la formation de toutes nos collines calcaires; et comme les amas des matières combustibles et minérales qui servent d'aliment aux volcans n'ont pu se déposer que successivement, et qu'il a dû s'écouler beaucoup de temps avant qu'elles se soient mises en action, ce n'est guère que sur la fin de cette période, c'est-à-dire à cinquante mille ans de la formation du globe, que les volcans ont commencé à ravager la terre. Comme les environs de tous les lieux découverts étoient encore baignés des eaux, il y a eu des volcans presque partout, et il s'est fait de fréquentes et prodigieuses éruptions qui n'ont cessé qu'après la retraite des mers; mais cette retraite ne pouvant se faire que par l'affaissement des boursouflures du globe, il est souvent

arrivé que l'eau venant à flots remplir la profondeur de ces terres affaissées, elle a mis en action les volcans sous-marins, qui, par leur explosion, ont soulevé une partie de ces terres nouvellement affaissées, et les ont quelquefois poussées au-dessus du niveau de la mer, où elles ont formé des îles nouvelles, comme nous l'avons vu dans la petite île formée auprès de celle de Santorin : néanmoins ces effets sont rares, et l'action des volcans sous-marins n'est ni permanente ni assez puissante pour élever un grand espace de terre au-dessus de la surface des mers. Les volcans terrestres, par la continuité de leurs éruptions, ont au contraire couvert de leurs déblais tous les terrains qui les environnoient; ils ont, par le dépôt successif de leurs laves, formé de nouvelles couches; ces laves devenues fécondes avec le temps sont une preuve invincible que la surface primitive de la terre, d'abord en fusion, puis consolidée, a pu de même devenir féconde : enfin les volcans ont aussi produit ces *mornes* ou tertres qui se voient dans toutes les montagnes à volcan, et ils ont élevé ces remparts de *basalte* qui servent de côtes aux mers dont ils sont voisins. Ainsi après que l'eau, par des mouvements uniformes et constants, eut achevé la construction horizontale des couches de la terre, le feu des volcans, par des explosions subites, a bouleversé, tranché et couvert plusieurs de ces couches; et l'on ne doit pas être étonné de voir sortir du sein des volcans des matières de toute espèce, des cendres, des pierres calcinées, des terres brûlées, ni de trouver ces matières mélangées de substances calcaires et vitrescibles dont ces mêmes couches sont composées.

Les tremblements de terre ont dû se faire sentir long-temps avant l'éruption des volcans : dès les premiers moments de l'affaissement des cavernes il s'est fait de violentes secousses qui ont produit des effets tout aussi violents et bien plus étendus que ceux des volcans. Pour s'en former l'idée, supposons qu'une caverne soutenant un terrain de cent lieues carrées, ce qui ne feroit qu'une des petites boursouflures du globe, se soit tout à coup écroulée : cet écroulement n'aura-

t-il pas été nécessairement suivi d'une commotion qui se sera communiquée et fait sentir très loin par un tremblement plus ou moins violent? Quoique cent lieues carrées ne fassent que la deux cent soixante millième partie de la surface de la terre, la chute de cette masse n'a pu manquer d'ébranler toutes les terres adjacentes, et de faire peut-être écrouler en même temps les cavernes voisines : il ne s'est donc fait aucun affaissement un peu considérable qui n'ait été accompagné de violentes secousses de tremblement de terre, dont le mouvement s'est communiqué par la force du ressort dont toute matière est douée, et qui a dû se propager quelquefois très loin par les routes que peuvent offrir les vides de la terre dans lesquels les vents souterrains, excités par ces commotions, auront peut-être allumé les feux des volcans; ensorte que d'une seule cause, c'est-à-dire de l'affaissement d'une caverne, il a pu résulter plusieurs effets, tous grands et la plupart terribles: d'abord l'abaissement de la mer, forcée de courir à grands flots pour remplir cette nouvelle profondeur, et laisser par conséquent à découvert de nouveaux terrains; 2° l'ébranlement des terres voisines par la commotion de la chute des matières solides qui formoient les voûtes de la caverne, et cet ébranlement fait pencher les montagnes, les fend vers le sommet, et en détache des masses qui roulent jusqu'à leur base; 3° le même mouvement produit par la commotion, et propagé par les vents et les feux souterrains, soulève au loin la terre et les eaux, élève des tertres et des mornes, forme des gouffres et des crevasses, change le cours des rivières, tarit les anciennes sources, en produit de nouvelles, et ravage en moins de temps que je ne puis le dire tout ce qui se trouve dans sa direction. Nous devons donc cesser d'être surpris de voir en tant de lieux l'uniformité de l'ouvrage horizontal des eaux détruite et tranchée par des fentes inclinées, des éboulements irréguliers, et souvent cachée par des déblais informes accumulés sans ordre, non plus que de trouver de si grandes contrées toutes recouvertes de matières rejetées par les volcans : ce désordre, causé par des tremblements de terre, ne fait néan-

moins que masquer la nature aux yeux de ceux qui ne la voient qu'en petit, et qui, d'un effet accidentel et particulier, font une cause générale et constante. C'est l'eau seule qui, comme cause générale et subséquente à celle du feu primitif, a achevé de construire et de figurer la surface actuelle de la terre; et ce qui manque à l'uniformité de cette construction universelle n'est que l'effet particulier de la cause accidentelle des tremblements de terre et de l'action des volcans.

Or, dans cette construction de la surface de la terre par le mouvement et le sédiment des eaux, il faut distinguer deux périodes de temps. La première a commencé après l'établissement de la mer universelle, c'est-à-dire après la dépuration parfaite de l'atmosphère par la chute des eaux et de toutes les matières volatiles que l'ardeur du globe y tenoit reléguées: cette période a duré autant qu'il étoit nécessaire pour multiplier les coquillages, au point de remplir de leurs dépouilles toutes nos collines calcaires, autant qu'il étoit nécessaire pour multiplier les végétaux, et pour former de leurs débris toutes nos mines de charbon, enfin autant qu'il étoit nécessaire pour convertir les scories du verre primitif en argiles, et former les acides, les sels, les pyrites, etc. Tous ces premiers et grands effets ont été produits ensemble dans les temps qui se sont écoulés depuis l'établissement des eaux jusqu'à leur abaissement. Ensuite a commencé la seconde période. Cette retraite des eaux ne s'est pas faite tout à coup, mais par une longue succession de temps, dans laquelle il faut encore saisir des points différents. Les montagnes composées de pierres calcaires ont certainement été construites dans cette mer ancienne, dont les différents courants les ont tout aussi certainement figurées par angles correspondants. Or l'inspection attentive des côtes de nos vallées nous démontre que *le travail particulier des courants a été postérieur à l'ouvrage général de la mer*. Ce fait, qu'on n'a pas même soupçonné, est trop important pour ne le pas appuyer de tout ce qui peut le rendre sensible à tous les yeux.

Prenons pour exemple la plus haute montagne calcaire de

la France, celle de Langres, qui s'élève au-dessus de toutes les terres de la Champagne, s'étend en Bourgogne jusqu'à Montbard, et même jusqu'à Tonnerre, et qui, dans la direction opposée, domine de même sur les terres de la Lorraine et de la Franche-Comté[1]. Ce cordon continu de la montagne de Langres, qui, depuis les sources de la Seine jusqu'à celles de la Saône, a plus de quarante lieues de longueur, est entièrement calcaire, c'est-à-dire entièrement composé des productions de la mer; et c'est par cette raison que je l'ai choisi pour nous servir d'exemple. Le point le plus élevé de cette chaîne de montagnes est très voisin de la ville de Langres, et l'on voit que, d'un côté, cette même chaîne verse ses eaux dans l'Océan par la Meuse, la Marne, la Seine, etc., et que, de l'autre côté, elle les verse dans la Méditerranée par les rivières qui aboutissent à la Saône. Le point où est situé Langres se trouve à peu près au milieu de cette longueur de quarante lieues, et les collines vont en s'abaissant à peu près également vers les sources de la Seine et vers celles de la Saône. Enfin ces collines, qui forment les extrémités de cette chaîne de montagnes calcaires, aboutissent également à des contrées de matières vitrescibles; savoir, au-delà de l'Armanson, près de Semur, d'une part; et au-delà des sources de la Saône et de la petite rivière de Côney, de l'autre part.

En considérant les vallons voisins de ces montagnes, nous reconnoîtrons que le point de Langres étant le plus élevé, il a été découvert le premier, dans le temps que les eaux se sont abaissées: auparavant, ce sommet étoit recouvert, comme tout le reste, par les eaux, puisqu'il est composé de matières calcaires; mais au moment qu'il a été découvert, la mer ne pouvant plus le surmonter, tous ses mouvements se sont réduits à battre ce sommet des deux côtés, et par conséquent à creuser, par des courants constants, les vallons et les vallées que suivent aujourd'hui les ruisseaux et les rivières qui coulent des deux côtés de ces montagnes. La preuve évidente que les vallées ont toutes été creusées par des courants réguliers et cons-

[1] Voyez la carte ci-jointe.

tants, c'est que leurs angles saillants correspondent partout à des angles rentrants : seulement on observe que les eaux ayant suivi les pentes les plus rapides, et n'ayant entamé d'abord que les terrains les moins solides et les plus aisés à diviser, il se trouve souvent une différence remarquable entre les deux coteaux qui bordent la vallée. On voit quelquefois un escarpement considérable et des rochers à pic d'un côté, tandis que, de l'autre, les bancs de pierre sont couverts de pierres en pente douce; et cela est arrivé nécessairement toutes les fois que la force du courant s'est portée plus d'un côté que de l'autre, et aussi toutes les fois qu'il aura été troublé ou secondé par un autre courant.

Si l'on suit le cours d'une rivière ou d'un ruisseau voisin des montagnes d'où descendent leurs sources, on reconnoîtra aisément la figure et même la nature des terres qui forment les coteaux de la vallée. Dans les endroits où elle est étroite, la direction de la rivière et l'angle de son cours indiquent au premier coup d'œil le côté vers lequel se doivent porter ses eaux, et par conséquent le côté où le terrain doit se trouver en plaine, tandis que, de l'autre côté, il continuera d'être en montagne. Lorsque la vallée est large, ce jugement est plus difficile : cependant on peut, en observant la direction de la rivière, deviner assez juste de quel côté les terrains s'élargiront ou se rétréciront. Ce que nos rivières font en petit aujourd'hui, les courants de la mer l'ont autrefois fait en grand : ils ont creusé tous nos vallons, ils les ont tranchés des deux côtés; mais, en transportant ces déblais, ils ont souvent formé des escarpements d'une part et des plaines de l'autre. On doit aussi remarquer que dans le voisinage du sommet de ces montagnes calcaires, et particulièrement dans le sommet de Langres, les vallons commencent par une profondeur circulaire, et que de là ils vont toujours en s'élargissant à mesure qu'ils s'éloignent du lieu de leur naissance; les vallons paroissent aussi plus profonds à ce point où ils commencent, et semblent aller toujours en diminuant de profondeur à mesure qu'ils s'élargissent et qu'ils s'éloignent de ce point : mais c'est une ap-

parence plutôt qu'une réalité; car, dans l'origine, la portion du vallon la plus voisine du sommet a été la plus étroite et la moins profonde; le mouvement des eaux a commencé par y former une ravine qui s'est élargie et creusée peu à peu; les déblais ayant été transportés et entraînés par le courant des eaux dans la portion inférieure de la vallée, ils en auront comblé le fond, et c'est par cette raison que les vallons paroissent plus profonds à leur naissance que dans le reste de leur cours, et que les grandes vallées semblent être moins profondes à mesure qu'elles s'éloignent davantage du sommet auquel leurs rameaux aboutissent; car l'on peut considérer une grande vallée comme un tronc qui jette des branches par d'autres vallées, lesquelles jettent des rameaux par d'autres petits vallons qui s'étendent et remontent jusqu'au sommet auquel ils aboutissent.

En suivant cet objet dans l'exemple que nous venons de présenter, si l'on prend ensemble tous les terrains qui versent leurs eaux dans la Seine, ce vaste espace formera une vallée du premier ordre, c'est-à-dire de la plus grande étendue; ensuite, si nous ne prenons que les terrains qui portent leurs eaux à la rivière d'Yonne, cet espace sera une vallée du second ordre; et, continuant à remonter vers le sommet de la chaîne des montagnes, les terrains qui versent leurs eaux dans l'Armanson, le Serin et la Cure, formeront des vallées du troisième ordre; et ensuite la Brenne, qui tombe dans l'Armanson, sera une vallée du quatrième ordre; et enfin l'Oze et l'Ozerain, qui tombent dans la Brenne, et dont les sources sont voisines de celles de la Seine, forment des vallées du cinquième ordre. De même, si nous prenons les terrains qui portent leurs eaux à la Marne, cet espace sera une vallée du second ordre; et continuant à remonter vers le sommet de la chaîne des montagnes de Langres, si nous ne prenons que les terrains dont les eaux s'écoulent dans la rivière de Rognon, ce sera une vallée du troisième ordre; enfin les terrains qui versent leurs eaux dans les ruisseaux de Bussière et d'Orguevaux forment des vallées du quatrième ordre.

Cette disposition est générale dans tous les continents ter-

restres. A mesure que l'on remonte et qu'on s'approche du sommet des chaînes de montagnes, on voit évidemment que les vallées sont plus étroites ; mais, quoiqu'elles paroissent aussi plus profondes, il est certain néanmoins que l'ancien fond des vallées inférieures étoit beaucoup plus bas autrefois que ne l'est actuellement celui des vallons supérieurs. Nous avons dit que dans la vallée de la Seine, à Paris, l'on a trouvé des bois travaillés de main d'homme à soixante-quinze pieds de profondeur : le premier fond de cette vallée étoit donc autrefois bien plus bas qu'il ne l'est aujourd'hui ; car au-dessous de ces soixante-quinze pieds on doit encore trouver les déblais pierreux et terrestres entraînés par les courants depuis le sommet général des montagnes, tant par les vallées de la Seine que par celles de la Marne, de l'Yonne et de toutes les rivières qu'elles reçoivent. Au contraire, lorsqu'on creuse dans les petits vallons voisins du sommet général, on ne trouve aucuns déblais, mais des bancs solides de pierre calcaire posée par lits horizontaux, et des argiles au-dessous à une profondeur plus ou moins grande. J'ai vu, dans une gorge assez voisine de la crête de ce long cordon de la montagne de Langres, un puits de deux cents pieds de profondeur creusé dans la pierre calcaire avant de trouver l'argile [1].

Le premier fond des grandes vallées formées par le feu primitif, ou même par les courants de la mer, a donc été recouvert et élevé successivement de tout le volume des déblais entraînés par le courant à mesure qu'il déchiroit les terrains supérieurs : le fond de ceux-ci est demeuré presque nu, tandis que celui des vallées inférieures a été chargé de toute la matière que les autres ont perdue ; de sorte que quand on ne voit que superficiellement la surface de nos continents, on tombe dans l'erreur en la divisant en bandes sablonneuses, marneuses, schisteuses, etc. : car toutes ces bandes ne sont que des déblais superficiels qui ne prouvent rien, et qui ne font, comme je l'ai dit, que masquer la nature, et nous tromper sur la vraie théorie de la terre. Dans les vallons supérieurs on ne

[1] Au château de Rochefort, près d'Anières, en Champagne.

trouve d'autres déblais que ceux qui sont descendus longtemps après la retraite des mers par l'effet des eaux pluviales; et ces déblais ont formé les petites couches de terre qui recouvrent actuellement le fond et les coteaux de ces vallons. Ce même effet a eu lieu dans les grandes vallées, mais avec cette différence que dans les petits vallons les terres, les graviers et les autres détriments amenés par les eaux pluviales et par les ruisseaux, se sont déposés immédiatement sur un fond nu et balayé par les courants de la mer; au lieu que dans les grandes vallées ces mêmes détriments, amenés par les eaux pluviales, n'ont pu que se superposer sur les couches beaucoup plus épaisses des déblais entraînés et déposés précédemment par ces mêmes courants : c'est par cette raison que, dans toutes les plaines et les grandes vallées, nos observateurs croient trouver la nature en désordre, parce qu'ils y voient les matières calcaires mélangées avec les matières vitrescibles, etc. Mais n'est-ce pas vouloir juger d'un bâtiment par les gravois, ou de toute autre construction par les recoupes des matériaux?

Ainsi, sans nous arrêter sur ces petites et fausses vues, suivons notre objet dans l'exemple que nous avons donné.

Les trois grands courants qui se sont formés au-dessous des sommets de la montagne de Langres nous sont aujourd'hui représentés par les vallées de la Meuse, de la Marne et de la Vingeanne [1]. Si nous examinons ces terrains en détail, nous observerons que les sources de la Meuse sortent en partie des marécages du Bassigny, et d'autres petites vallées très étroites et très escarpées; que la Mance et la Vingeanne, qui toutes se jettent dans la Saône, sortent aussi des vallées très étroites de l'autre côté du sommet; que la vallée de la Marne, sous Langres, a environ cent toises de profondeur; que dans tous ces premiers vallons les coteaux sont voisins et escarpés; que dans les vallées inférieures, et à mesure que les courants se sont éloignés du sommet général et commun, ils se sont étendus en largeur, et ont par conséquent élargi les vallées, dont

[1] Voyez la carte ci-jointe.

les côtes sont aussi moins escarpées, parce que le mouvement des eaux y étoit plus libre et moins rapide que dans les vallons étroits des terrains voisins du sommet.

L'on doit encore remarquer que la direction des courants a varié dans leur cours, et que la déclinaison des coteaux a changé par la même cause. Les courants dont la pente étoit vers le midi, et qui nous sont représentés par les vallons de la Tille, de la Venelle, de la Vingeanne, du Saulon et de la Mance, ont agi plus fortement contre les coteaux tournés vers le sommet de Langres et à l'aspect du nord. Les courants, au contraire, dont la pente étoit vers le nord, et qui nous sont représentés par les vallons de l'Anjou, de la Suize, de la Marne et du Rognon, ainsi que par ceux de la Meuse, ont plus fortement agi contre les coteaux qui sont tournés vers ce même sommet de Langres, et qui se trouvent à l'aspect du midi.

Il y avoit donc, lorsque les eaux ont laissé le sommet de Langres à découvert, une mer dont les mouvements et les courants étoient dirigés vers le nord, et, de l'autre côté de ce sommet, une autre mer dont les mouvements étoient dirigés vers le midi : ces deux mers battoient les deux flancs opposés de cette chaîne de montagnes, comme l'on voit dans la mer actuelle les eaux battre les deux flancs opposés d'une longue île ou d'un promontoire avancé. Il n'est donc pas étonnant que tous les coteaux escarpés de ces vallons se trouvent également des deux côtés de ce sommet général des montagnes ; ce n'est que l'effet nécessaire d'une cause très évidente.

Si l'on considère le terrain qui environne l'une des sources de la Marne près de Langres, on reconnoîtra qu'elle sort d'un demi-cercle coupé presque à plomb ; et en examinant les lits de pierre de cette espèce d'amphithéâtre, on se démontrera que ceux des deux côtés et ceux du fond de l'arc de cercle qu'il présente étoient autrefois continus, et ne faisoient qu'une seule masse que les eaux ont détruite dans la partie qui forme aujourd'hui ce demi-cercle. On verra la même chose à l'origine des deux autres sources de la Marne ; savoir, dans le vallon de Balesme et dans celui de Saint-Maurice : tout ce terrain étoit

continu avant l'abaissement de la mer; et cette espèce de promontoire à l'extrémité duquel la ville de Langres est située étoit, dans ce même temps, continu non-seulement avec ces premiers terrains, mais avec ceux de Breuvone, de Peigney, de Noidan-le-Rocheux, etc. Il est aisé de se convaincre par ses yeux que la continuité de ces terrains n'a été détruite que par le mouvement de l'action des eaux.

Dans cette chaîne de la montagne de Langres, on trouve plusieurs collines isolées, les unes en forme de cône tronqué, comme celles de Montsaugeon, les autres en forme elliptique, comme celles de Montbard, de Montréal; et d'autres tout aussi remarquables autour des sources de la Meuse, vers Clémont et Montigny-le-Roi, qui est situé sur un monticule adhérent au continent par une langue de terre très étroite. On voit encore une de ces collines isolées à Andilly, une autre auprès d'Heuilly-Coton, etc. Nous devons observer qu'en général ces collines calcaires isolées sont moins hautes que celles qui les environnent, et desquelles ces collines sont actuellement séparées parce que le courant, remplissant toute la largeur du vallon, passoit par-dessus ces collines isolées avec un mouvement direct, et les détruisoit par le sommet, tandis qu'il ne faisoit que baigner le terrain des coteaux du vallon, et ne les attaquoit que par un mouvement oblique; en sorte que les montagnes qui bordent les vallons sont demeurées plus élevées que les collines isolées qui se trouvent entre deux. A Montbard, par exemple, la hauteur de la colline isolée au-dessus de laquelle sont situés les murs de l'ancien château n'est que de cent quarante pieds; tandis que les montagnes qui bordent le vallon des deux côtés, au nord et au midi, en ont plus de trois cent cinquante, et il en est de même des autres collines calcaires que nous venons de citer: toutes celles qui sont isolées sont en même temps moins élevées que les autres, parce qu'étant au milieu du vallon et au fil de l'eau elles ont été minées sur leurs sommets par le courant, toujours plus violent et plus rapide dans le milieu que vers les bords de son cours.

Lorsqu'on regarde ces escarpements, souvent élevés à pic à

plusieurs toises de hauteur, lorsqu'on les voit composés du haut en bas de bancs de pierres calcaires très massives et fort dures, on est émerveillé du temps prodigieux qu'il faut supposer pour que les eaux aient ouvert et creusé ces énormes tranchées. Mais deux circonstances ont concouru à l'accélération de ce grand ouvrage : l'une de ces circonstances est que, dans toutes les collines et montagnes calcaires, les lits supérieurs sont les moins compactes et les plus tendres, en sorte que les eaux ont aisément entamé la superficie du terrain, et formé la première ravine qui a dirigé leur cours ; la seconde circonstance est que, quoique ces bancs de matière calcaire se soient formés et même séchés et pétrifiés sous les eaux de la mer, il est néanmoins très certain qu'ils n'étoient d'abord que des sédiments superposés de matières molles, lesquelles n'ont acquis de la dureté que successivement par l'action de la gravité sur la masse totale, et par l'exercice de la force d'affinité de leurs parties constituantes. Nous sommes donc assurés que ces matières n'avoient pas acquis toute la solidité et la dureté que nous leur voyons aujourd'hui, et que, dans ce temps de l'action des courants de la mer, elles devoient lui céder avec moins de résistance. Cette considération diminue l'énormité de la durée du temps de ce travail des eaux, et explique d'autant mieux la correspondance des angles saillants et rentrants des collines, qui ressemblent parfaitement à la correspondance des bords de nos rivières dans tous les terrains aisés à diviser.

C'est pour la construction même de ces terrains calcaires, et non pour leur division, qu'il est nécessaire d'admettre une très longue période de temps ; en sorte que, dans les vingt mille ans, j'en prendrois au moins les trois premiers quarts pour la multiplication des coquillages, le transport de leurs dépouilles, et la composition des masses qui les renferment, et le dernier quart pour la division et pour la configuration de ces mêmes terrains calcaires : il a fallu vingt mille ans pour la retraite des eaux, qui d'abord étoient élevées de deux mille toises au-dessus du niveau de nos mers actuelles ; et ce n'est que vers la fin de cette longue marche en retraite que nos

vallons ont été creusés, nos plaines établies et nos collines découvertes : pendant tout ce temps le globe n'étoit peuplé que de poissons et d'animaux à coquilles; les sommets des montagnes et quelques terres élevées, que les eaux n'avoient pas surmontés, ou qu'elles avoient abandonnés les premiers, étoient aussi couverts de végétaux; car leurs détriments en volume immense ont formé les veines de charbon, dans le même temps que les dépouilles des coquillages ont formé les lits de nos pierres calcaires. Il est donc démontré par l'inspection attentive de ces monuments authentiques de la nature, savoir, les coquilles dans les marbres, les poissons dans les ardoises, et les végétaux dans les mines de charbon, que tous ces êtres organisés ont existé long-temps avant les animaux terrestres; d'autant qu'on ne trouve aucun indice, aucun vestige de l'existence de ceux-ci dans toutes les couches anciennes qui se sont formées par le sédiment des eaux de la mer. On n'a trouvé les os, les dents, les défenses des animaux terrestres que dans les couches superficielles, ou bien dans ces vallées et dans ces plaines dont nous avons parlé, qui ont été comblées de déblais entraînés des lieux supérieurs par les eaux courantes; il y a seulement quelques exemples d'ossements trouvés dans des cavités sous des rochers, près des bords de la mer, et dans des terrains bas : mais ces rochers sous lesquels gisoient ces ossements d'animaux terrestres sont eux-mêmes de nouvelle formation, ainsi que toutes les carrières calcaires en pays bas, qui ne sont formées que des détriments des anciennes couches de pierres, toutes situées au-dessus de ces nouvelles carrières; et c'est par cette raison que je les ai désignées par le nom de *carrières parasites,* parce qu'elles se forment en effet aux dépens des premières.

Notre globe, pendant trente-cinq mille ans, n'a donc été qu'une masse de chaleur et de feu, dont aucun être sensible ne pouvoit approcher; ensuite, pendant quinze ou vingt mille ans, sa surface n'étoit qu'une mer universelle : il a fallu cette longue succession de siècles pour le refroidissement de la terre et pour la retraite des eaux, et ce n'est qu'à la fin de

cette seconde période que la surface de nos continents a été figurée.

Mais ces derniers effets de l'action des courants de la mer ont été précédés de quelques autres effets encore plus généraux, lesquels ont influé sur quelques traits de la face entière de la terre. Nous avons dit que les eaux, venant en plus grande quantité du pôle austral, avoient aiguisé toutes les pointes des continents; mais après la chute complète des eaux, lorsque la mer universelle eut pris son équilibre, le mouvement du midi au nord cessa, et la mer n'eut plus à obéir qu'à la puissance constante de la lune, qui, se combinant avec celle du soleil, produisit les marées et le mouvement constant d'orient en occident. Les eaux, dans leur premier avénement, avoient d'abord été dirigées des pôles vers l'équateur, parce que les parties polaires, plus refroidies que le reste du globe, les avoient reçues les premières; ensuite elles ont gagné successivement les régions de l'équateur; et lorsque ces régions ont été couvertes comme toutes les autres par les eaux, le mouvement d'orient en occident s'est dès-lors établi pour jamais; car non-seulement il s'est maintenu pendant cette longue période de la retraite des mers, mais il se maintient encore aujourd'hui. Or ce mouvement général de la mer d'orient en occident a produit sur la surface de la masse terrestre un effet tout aussi général; c'est d'avoir escarpé toutes les côtes occidentales des continents terrestres, et d'avoir en même temps laissé tous les terrains en pente douce du côté de l'orient.

A mesure que les mers s'abaissoient et découvroient les pointes les plus élevées des continents, ces sommets, comme autant de soupiraux qu'on viendroit de déboucher, commencèrent à laisser exhaler les nouveaux feux produits dans l'intérieur de la terre par l'effervescence des matières qui servent d'aliment aux volcans. Le domaine de la terre, sur la fin de cette seconde période de vingt mille ans, étoit partagé entre le feu et l'eau; également déchirée et dévorée par la fureur de ces deux éléments, il n'y avoit nulle part ni sûreté ni repos : mais heureusement ces anciennes scènes, les plus épouvan-

tables de la nature, n'ont point eu de spectateurs, et ce n'est qu'après cette seconde période entièrement révolue que l'on peut dater la naissance des animaux terrestres; les eaux étoient alors retirées, puisque les deux grands continents étoient unis vers le nord, et également peuplés d'éléphants; le nombre des volcans étoit aussi beaucoup diminué, parce que leurs éruptions ne pouvant s'opérer que par le conflit de l'eau et du feu, elles avoient cessé dès que la mer, en s'abaissant, s'en étoit éloignée. Qu'on se représente encore l'aspect qu'offroit la terre immédiatement après cette seconde période, c'est-à-dire à cinquante-cinq ou soixante mille ans de sa formation: dans toutes les parties basses, des mares profondes, des courants rapides et des tournoiements d'eau; des tremblements de terre presque continuels, produits par l'affaissement des cavernes et par les fréquentes explosions des volcans, tant sous mer que sur terre; des orages généraux et particuliers; des tourbillons de fumée et des tempêtes excitées par les violentes secousses de la terre et de la mer; des inondations, des débordements, des déluges occasionés par ces mêmes commotions; des fleuves de verre fondu, de bitume et de soufre, ravageant les montagnes et venant dans les plaines empoisonner les eaux; le soleil même presque toujours offusqué non-seulement par des nuages aqueux, mais par des masses épaisses de cendres et de pierres poussées par les volcans; et nous remercierons le Créateur de n'avoir pas rendu l'homme témoin de ces scènes effrayantes et terribles qui ont précédé, et pour ainsi dire annoncé, la naissance de la nature intelligente et sensible.

CINQUIÈME ÉPOQUE.

Lorsque les éléphants et les autres animaux du midi ont habité les terres du nord.

Tout ce qui existe aujourd'hui dans la nature vivante a pu exister de même dès que la température de la terre s'est trouvée la même. Or les contrées septentrionales du globe ont joui pendant long-temps du même degré de chaleur dont jouissent aujourd'hui les terres méridionales; et dans le temps où ces contrées du nord jouissoient de cette température, les terres avancées vers le midi étoient encore brûlantes et sont demeurées désertes pendant un long espace de temps. Il semble même que la mémoire s'en soit conservée par la tradition; car les anciens étoient persuadés que les terres de la zone torride étoient inhabitées: elles étoient en effet encore inhabitables long-temps après la population des terres du nord; car en supposant trente-cinq mille ans pour le temps nécessaire au refroidissement de la terre sous les pôles seulement, au point d'en pouvoir toucher la surface sans se brûler, et vingt ou vingt-cinq mille ans de plus, tant pour la retraite des mers que pour l'attiédissement nécessaire à l'existence des êtres aussi sensibles que le sont les animaux terrestres, on sentira bien qu'il faut compter quelques milliers d'années de plus pour le refroidissement du globe à l'équateur, tant à cause de la plus grande épaisseur de la terre que de l'accession de la chaleur solaire, qui est considérable sous l'équateur et presque nulle sous le pôle.

Et quand même ces deux causes réunies ne seroient pas suffisantes pour produire une si grande différence de temps entre ces deux populations, l'on doit considérer que l'équateur a reçu les eaux de l'atmosphère bien plus tard que les pôles, et que par conséquent cette cause secondaire du refroidissement agissant plus promptement et plus puissam-

ment que les deux premières causes, la chaleur des terres du nord se sera considérablement attiédie par la chute des eaux, tandis que la chaleur des terres méridionales se maintenoit et ne pouvoit diminuer que par sa propre déperdition. Et quand même on m'objecteroit que la chute des eaux, soit sur l'équateur, soit sur les pôles, n'étant que la suite du refroidissement à un certain degré de chacune de ces deux parties du globe, elle n'a eu lieu dans l'une et dans l'autre que quand la température de la terre et celle des eaux tombantes ont été respectivement les mêmes, et que par conséquent cette chute d'eau n'a pas autant contribué que je le dis à accélérer le refroidissement sous le pôle plus que sous l'équateur, on sera forcé de convenir que les vapeurs, et par conséquent les eaux tombant sur l'équateur, avoient plus de chaleur à cause de l'action du soleil, et que, par cette raison, elles ont refroidi plus lentement les terres de la zone torride, en sorte que j'admettrois au moins neuf à dix mille ans entre le temps de la naissance des éléphants dans les contrées septentrionales et le temps où ils se sont retirés jusqu'aux contrées les plus méridionales : car le froid ne venoit et ne vient encore que d'en haut; les pluies continuelles qui tomboient sur les parties polaires du globe en accéléroient incessamment le refroidissement, tandis qu'aucune cause extérieure ne contribuoit à celui des parties de l'équateur. Or cette cause qui nous paroît si sensible par les neiges de nos hivers et les grêles de notre été, ce froid qui des hautes régions de l'air nous arrive par intervalles, tomboit à plomb et sans interruption sur les terres septentrionales, et les a refroidies bien plus promptement que n'ont pu se refroidir les terres de l'équateur, sur lesquelles ces ministres du froid, l'eau, la neige et la grêle, ne pouvoient agir ni tomber. D'ailleurs nous devons faire entrer ici une considération très importante sur les limites qui bornent la durée de la nature vivante : nous en avons établi le premier terme possible à trente-cinq mille ans de la formation du globe terrestre, et le dernier terme à quatre-vingt-treize mille ans à dater de ce jour; ce qui fait cent trente-deux mille ans pour la du-

rée absolue de cette belle nature[1]. Voilà les limites les plus éloignées et la plus grande étendue de durée que nous ayons données, d'après nos hypothèses, à la vie de la nature sensible : cette vie aura pu commencer à trente-cinq ou trente-six mille ans, parce qu'alors le globe étoit assez refroidi à ses parties polaires pour qu'on pût le toucher sans se brûler, et elle pourra ne finir que dans quatre-vingt-treize mille ans, lorsque le globe sera plus froid que la glace. Mais, entre ces deux limites si éloignées, il faut en admettre d'autres plus rapprochées. Les eaux et toutes les matières qui sont tombées de l'atmosphère n'ont cessé d'être dans un état d'ébullition qu'au moment où on pouvoit les toucher sans se brûler : ce n'est donc que long-temps après cette période de trente-six mille ans, que les êtres doués d'une sensibilité pareille à celle que nous leur connoissons ont pu naître et subsister; car si la terre, l'air et l'eau prenoient tout à coup ce degré de chaleur qui ne nous permettroit de pouvoir les toucher sans en être vivement offensés, y auroit-il un seul des êtres actuels capable de résister à cette chaleur mortelle, puisqu'elle excèderoit de beaucoup la chaleur vitale de leur corps? Il a pu exister alors des végétaux, des coquillages et des poissons d'une nature moins sensible à la chaleur, dont les espèces ont été anéanties par le refroidissement dans les âges subséquents, et ce sont ceux dont nous trouvons les dépouilles et les détriments dans les mines de charbon, dans les ardoises, dans les schistes, et dans les couches d'argile, aussi bien que dans les bancs de marbre et des autres matières calcaires; mais toutes les espèces plus sensibles, et particulièrement les animaux terrestres, n'ont pu naître et se multiplier que dans des temps postérieurs et plus voisins du nôtre.

Et dans quelle contrée du nord les premiers animaux terrestres auront-ils pris naissance? N'est-il pas probable que c'est dans les terres les plus élevées, puisqu'elles ont été refroidies avant les autres? Et n'est-il pas également probable que

[1] Voyez les tableaux dans le volume de cette Histoire naturelle.

les éléphants et les autres animaux actuellement habitant les terres du midi sont nés les premiers de tous, et qu'ils ont occupé ces terres du nord pendant quelques milliers d'années, et long-temps avant la naissance des rennes qui habitent aujourd'hui ces mêmes terres du nord.

Dans ce temps, qui n'est guère éloigné du nôtre que de quinze mille ans, les éléphants, les rhinocéros, les hippopotames, et probablement toutes les espèces qui ne peuvent se multiplier actuellement que sous la zone torride, vivoient donc et se multiplioient dans les terres du nord, dont la chaleur étoit au même degré, et par conséquent tout aussi convenable à leur nature; ils y étoient en grand nombre; ils y ont séjourné long-temps; la quantité d'ivoire et de leurs autres dépouilles que l'on a découvertes et que l'on découvre tous les jours dans ces contrées septentrionales nous démontre évidemment qu'elles ont été leur patrie, leur pays natal et certainement la première terre qu'ils aient occupée : mais, de plus, ils ont existé en même temps dans les contrées septentrionales de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique; ce qui nous fait connoître que les deux continents étoient alors contigus, et qu'ils n'ont été séparés que dans des temps subséquents. J'ai dit que nous avions au Cabinet du Roi des défenses d'éléphants trouvées en Russie et en Sibérie, et d'autres qui ont été trouvées au Canada, près de la rivière d'Ohio. Les grosses dents molaires de l'hippopotame et de l'énorme animal dont l'espèce est perdue nous sont arrivées du Canada, et d'autres toutes semblables sont venues de Tartarie et de Sibérie. On ne peut donc pas douter que ces animaux, qui n'habitent aujourd'hui que les terres du midi de notre continent, n'existassent aussi dans les terres septentrionales de l'autre, et dans le même temps, car la terre étoit également chaude ou refroidie au même degré dans tous deux. Et ce n'est pas seulement dans les terres du nord qu'on a trouvé ces dépouilles des animaux du midi, mais elles se trouvent encore dans tous les pays tempérés, en France, en Allemagne, en Italie, en Angleterre, etc. Nous avons sur cela des monuments authentiques, c'est-à-dire des défenses

d'éléphants et d'autres ossements de ces animaux trouvés dans plusieurs provinces de l'Europe.

Dans les temps précédents, ces mêmes terres septentrionales étoient recouvertes par les eaux de la mer, lesquelles, par leur mouvement, y ont produit les mêmes effets que partout ailleurs; elles ont figuré les collines, elles les ont composées de couches horizontales, elles ont déposé les argiles et les matières calcaires en forme de sédiment; car on trouve dans ces terres du nord, comme dans nos contrées, les coquillages et les débris des autres productions marines enfouis à d'assez grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre; tandis que ce n'est pour ainsi dire qu'à sa superficie, c'est-à-dire à quelques pieds de profondeur, que l'on trouve les squelettes d'éléphants, de rhinocéros, et les autres dépouilles des animaux terrestres.

Il paroît même que ces premiers animaux terrestres étoient, comme les premiers animaux marins, plus grands qu'ils ne le sont aujourd'hui. Nous avons parlé de ces énormes dents carrées à pointes mousses qui ont appartenu à un animal plus grand que l'éléphant, et dont l'espèce ne subsiste plus: nous avons indiqué ces coquillages en volutes qui ont jusqu'à huit pieds de diamètre sur un pied d'épaisseur; et nous avons vu de même des défenses, des dents, des omoplates, des fémurs d'éléphants d'une taille supérieure à celle des éléphants actuellement existants. Nous avons reconnu, par la comparaison immédiate des dents mâchelières des hippopotames d'aujourd'hui avec les grosses dents qui nous sont venues de la Sibérie et du Canada, que les anciens hippopotames auxquels ces grosses dents ont autrefois appartenu étoient au moins quatre fois plus volumineux que ne le sont les hippopotames actuellement existants. Ces grands ossements et ces énormes dents sont des témoins subsistants de la grande force de la nature dans ces premiers âges. Mais, pour ne pas perdre de vue notre objet principal, suivons nos éléphants dans leur marche progressive du nord au midi.

Nous ne pouvons douter qu'après avoir occupé les parties

septentrionales de la Russie et de la Sibérie jusqu'au 60e degré [1], où l'on a trouvé leurs dépouilles en grande quantité, ils n'aient ensuite gagné les terres moins septentrionales, puisqu'on trouve encore de ces mêmes dépouilles en Moscovie, en Pologne, en Allemagne, en Angleterre, en France, en Italie; en sorte qu'à mesure que les terres du nord se refroidissoient ces animaux cherchoient des terres plus chaudes; et il est clair que tous les climats, depuis le nord jusqu'à l'équateur, ont successivement joui du degré de chaleur convenable à leur nature. Ainsi, quoique de mémoire d'homme l'espèce de l'éléphant ne paroisse avoir occupé que les climats actuellement les plus chauds dans notre continent, c'est-à-dire les terres qui s'étendent à peu près à 20 degrés des deux côtés de l'équateur, et qu'ils y paroissent confinés depuis plusieurs siècles, les monuments de leurs dépouilles trouvées dans toutes les parties tempérées de ce même continent démontrent qu'ils ont aussi habité pendant autant de siècles les différents climats de ce même continent; d'abord du 60e au 50e degré, puis du 50e au 40e, ensuite du 40e au 30e, et du 30e au 20e, enfin du 20e à l'équateur et au-delà à la même distance. On pourroit même présumer qu'en faisant des recherches en Laponie, dans les terres de l'Europe et de l'Asie qui sont au-delà du 60e degré, on pourroit y trouver de même des défenses et des ossements d'éléphants, ainsi que des autres animaux du midi, à moins qu'on ne veuille supposer (ce qui n'est pas sans vraisemblance) que, la surface de la terre étant réellement encore plus élevée en Sibérie que dans toutes les provinces qui l'avoisinent du côté du nord, ces mêmes terres de la Sibérie ont été les premières abandonnées par les eaux, et par conséquent les premières où les animaux terrestres aient pu s'établir. Quoi qu'il en soit, il est certain que les éléphants ont vécu, produit, multiplié pendant plusieurs siècles dans cette même Sibérie et dans le nord de la Russie; qu'ensuite ils ont gagné

[1] On a trouvé cette année même (1776) des défenses et des ossements d'éléphants près de Saint-Pétersbourg, qui, comme l'on sait, est à très peu près sous cette latitude de 60 degrés.

les terres du 50e au 40e degré, et qu'ils y ont subsisté plus long-temps que dans leur terre natale, et encore plus long-temps dans les contrées du 40e au 30e degré, etc., parce que le refroidissement successif du globe a toujours été plus lent, à mesure que les climats se sont trouvés plus voisins de l'équateur, tant par la plus forte épaisseur du globe que par la plus grande chaleur du soleil.

Nous avons fixé, d'après nos hypothèses, le premier instant possible du commencement de la nature vivante à trente-cinq ou trente-six mille ans, à dater de la formation du globe, parce que ce n'est qu'à cet instant qu'on auroit pu commencer à le toucher sans se brûler : en donnant vingt-cinq mille ans de plus pour achever l'ouvrage immense de la construction de nos montagnes calcaires, pour leur figuration par angles saillants et rentrants, pour l'abaissement des mers, pour les ravages des volcans et pour le desséchement de la surface de la terre, nous ne compterons qu'environ quinze mille ans depuis le temps où la terre, après avoir essuyé, éprouvé tant de bouleversements et de changements, s'est enfin trouvée dans un état plus calme et assez fixe pour que les causes de destruction ne fussent pas plus puissantes et plus générales que celles de la production. Donnant donc quinze mille ans d'ancienneté à la nature vivante, telle qu'elle nous est parvenue, c'est-à-dire quinze mille ans d'ancienneté aux espèces d'animaux terrestres nées dans les terres du nord et actuellement existantes dans celles du midi, nous pourrons supposer qu'il y a peut-être cinq mille ans que les éléphants sont confinés dans la zone torride, et qu'ils ont séjourné tout autant de temps dans les climats qui forment aujourd'hui les zones tempérées, et peut-être autant dans les climats du nord, où ils ont pris naissance.

Mais cette marche régulière qu'ont suivie les plus grands, les premiers animaux de notre continent, paroît avoir souffert des obstacles dans l'autre. Il est très certain qu'on a trouvé, et il est très probable qu'on trouvera encore, des défenses et des ossements d'éléphant en Canada, dans le pays des Illinois, au Mexique et dans quelques autres endroits de l'Amérique

septentrionale; mais nous n'avons aucune observation, aucun monument qui nous indiquent le même fait pour les terres de l'Amérique méridionale. D'ailleurs l'espèce même de l'éléphant qui s'est conservée dans l'ancien continent ne subsiste plus dans l'autre : non-seulement cette espèce ni aucune autre de toutes celles des animaux terrestres qui occupent actuellement les terres méridionales de notre continent ne se sont trouvées dans les terres méridionales du Nouveau-Monde, mais même il paroît qu'ils n'ont existé que dans les contrées septentrionales de ce nouveau continent; et cela dans le même temps qu'ils existoient dans celle de notre continent. Ce fait ne démontre-t-il pas que l'ancien et le nouveau continent n'étoient pas alors séparés vers le nord, et que leur séparation ne s'est faite que postérieurement au temps de l'existence des éléphants dans l'Amérique septentrionale, où leur espèce s'est probablement éteinte par le refroidissement, et à peu près dans le temps de cette séparation des continents, parce que les animaux n'auront pu gagner les régions de l'équateur dans ce nouveau continent comme ils l'ont fait dans l'ancien, tant en Asie qu'en Afrique ? En effet, si l'on considère la surface de ce nouveau continent, on voit que les parties méridionales voisines de l'isthme de Panama sont occupées par de très hautes montagnes : les éléphants n'ont pu franchir ces barrières invincibles pour eux, à cause du trop grand froid qui se fait sentir sur ces hauteurs; ils n'auront donc pas été au-delà des terres de l'isthme, et n'auront subsisté dans l'Amérique septentrionale qu'autant qu'aura duré dans cette terre le degré de chaleur nécessaire à leur multiplication. Il en est de même de tous les autres animaux des parties méridionales de notre continent; aucun ne s'est trouvé dans les parties méridionales de l'autre. J'ai démontré cette vérité par un si grand nombre d'exemples qu'on ne peut la révoquer en doute[1].

Les animaux, au contraire, qui peuplent actuellement nos régions tempérées et froides se trouvent également dans les

[1] Voyez les trois Discours sur les animaux des deux continents, dans les volumes suivants.

parties septentrionales des deux continents; ils y sont nés postérieurement aux premiers et s'y sont conservés, parce que leur nature n'exige pas une aussi grande chaleur. Les rennes et les autres animaux qui ne peuvent subsister que dans les climats les plus froids sont venus les derniers; et qui sait si, par succession de temps, lorsque la terre sera refroidie, il ne paroîtra pas de nouvelles espèces dont le tempérament diffèrera de celui du renne, autant que la nature du renne diffère à cet égard de celle de l'éléphant? Quoi qu'il en soit, il est certain qu'aucun des animaux propres et particuliers aux terres méridionales de notre continent ne s'est trouvé dans les terres méridionales de l'autre, et que même, dans le nombre des animaux communs à notre continent et à celui de l'Amérique septentrionale, dont les espèces se sont conservées dans tous les deux, à peine en peut-on citer une qui soit arrivée à l'Amérique méridionale. Cette partie du monde n'a donc pas été peuplée comme toutes les autres ni dans le même temps; elle est demeurée pour ainsi dire isolée et séparée du reste de la terre par la mer et par ses hautes montagnes. Les premiers animaux terrestres nés dans les terres du nord n'ont donc pu s'établir, par communication, dans ce continent méridional de l'Amérique, ni subsister dans son continent septentrional qu'autant qu'il a conservé le degré de chaleur nécessaire à leur propagation; et cette terre de l'Amérique méridionale, réduite à ses propres forces, n'a enfanté que des animaux plus foibles et beaucoup plus petits que ceux qui sont venus du nord pour peupler nos contrées du midi.

Je dis que les animaux qui peuplent aujourd'hui les terres du midi de notre continent y sont venus du nord, et je crois pouvoir l'affirmer avec tout fondement: car, d'une part, les monuments que nous venons d'exposer le démontrent; et, d'autre côté, nous ne connoissons aucune espèce grande et principale, actuellement subsistante dans ces terres du midi, qui n'ait existé précédemment dans les terres du nord, puisqu'on y trouve des défenses et des ossements d'éléphants, des squelettes de rhinocéros, des dents d'hippopotames et des

têtes monstrueuses de bœufs, qui ont frappé par leur grandeur, et qu'il est plus que probable qu'on y a trouvé de même des débris de plusieurs autres espèces moins remarquables; en sorte que si l'on veut distinguer dans les terres méridionales de notre continent les animaux qui y sont arrivés du nord, de ceux que cette même terre a pu produire par ses propres forces, on reconnoîtra que tout ce qu'il y a de colossal et de grand dans la nature a été formé dans les terres du nord; et que si celles de l'équateur ont produit quelques animaux, ce sont des espèces inférieures bien plus petites que les premières.

Mais ce qui doit faire douter de cette production, c'est que ces espèces que nous supposons ici produites par les propres forces des terres méridionales de notre continent, auroient dû ressembler aux animaux des terres méridionales de notre continent, lesquels n'ont de même été produits que par la force de cette terre isolée: c'est néanmoins tout le contraire, car aucun des animaux de l'Amérique méridionale ne ressemble assez aux animaux des terres du midi de notre continent pour qu'on puisse les regarder comme de la même espèce; ils sont, pour la plupart, d'une forme si différente, que ce n'est qu'après un long examen qu'on peut les soupçonner d'être les représentants de quelques-uns de ceux de notre continent. Quelle différence de l'éléphant au tapir, qui cependant est de tous le seul qu'on puisse lui comparer, mais qui s'en éloigne déjà beaucoup par la figure et prodigieusement par la grandeur! car ce tapir, cet éléphant du Nouveau-Monde, n'a ni trompe ni défenses, et n'est guère plus grand qu'un âne. Aucun animal de l'Amérique méridionale ne ressemble au rhinocéros, aucun à l'hippopotame, aucun à la girafe: et quelle différence encore entre le lama et le chameau, quoiqu'elle soit moins grande qu'entre le tapir et l'éléphant!

L'établissement de la nature vivante, surtout de celle des animaux terrestres, s'est donc fait dans l'Amérique méridionale bien postérieurement à son séjour déjà fixé dans les terres du nord; et peut-être la différence du temps est-elle de plus de quatre ou cinq mille ans. Nous avons exposé une partie

des faits et des raisons qui doivent faire penser que le Nouveau-Monde, surtout dans ses parties méridionales, est une terre plus récemment peuplée que celle de notre continent; que la nature bien loin d'y être dégénérée par vétusté, y est au contraire née tard, et n'y a jamais existé avec les mêmes forces, la même puissance active que dans les contrées septentrionales; car on ne peut douter, après ce qui vient d'être dit, que les grandes et premières formations des êtres animés ne se soient faites dans les terres élevées du nord, d'où elles ont successivement passé dans les contrées du midi sous la même forme, et sans avoir rien perdu que sur les dimensions de leur grandeur. Nos éléphants et nos hippopotames, qui nous paroissent si gros, ont eu des ancêtres plus grands dans les temps qu'ils habitoient les terres septentrionales où ils ont laissé leurs dépouilles : les cétacés d'aujourd'hui sont aussi moins gros qu'ils ne l'étoient anciennement; mais c'est peut-être par une autre raison.

Les baleines, les gibbars, molars, cachalots, narwals et autres grands cétacés, appartiennent aux mers septentrionales, tandis que l'on ne trouve dans les mers tempérées et méridionales que les lamantins, les dugons, les marsouins, qui tous sont inférieurs aux premiers en grandeur. Il semble donc, au premier coup d'œil, que la nature ait opéré d'une manière contraire et par une succession inverse, puisque tous les plus grands animaux terrestres se trouvent actuellement dans les contrées du midi, tandis que tous les plus grands animaux marins n'habitent que les régions de notre pôle. Et pourquoi ces grandes et presque monstrueuses espèces paroissent-elles confinées dans ces mers froides? Pourquoi n'ont-elles pas gagné successivement, comme les éléphants, les régions les plus chaudes? En un mot, pourquoi ne se trouvent-elles ni dans les mers tempérées ni dans celles du midi? car, à l'exception de quelques cachalots qui viennent assez souvent autour des Açores, et quelquefois échouer sur nos côtes, et dont l'espèce paroît la plus vagabonde de ces grands cétacés, toutes les autres sont demeurées et ont encore leur séjour constant

dans les mers boréales des deux continents. On a bien remarqué, depuis qu'on a commencé la pêche ou plutôt la chasse de ces grands animaux, qu'ils se sont retirés des endroits où l'homme alloit les inquiéter. On a de plus observé que ces premières baleines, c'est-à-dire celles que l'on pêchoit il y a cent cinquante et deux cents ans, étoient beaucoup plus grosses que celles d'aujourd'hui : elles avoient jusqu'à cent pieds de longueur, tandis que les plus grandes que l'on prend actuellement n'en ont que soixante. On pourroit même expliquer d'une manière assez satisfaisante les raisons de cette différence de grandeur ; car les baleines, ainsi que tous les autres cétacés, et même la plupart des poissons, vivent, sans comparaison, bien plus long-temps qu'aucun des animaux terrestres ; et dès lors leur entier accroissement demande aussi un temps beaucoup plus long. Or, quand on a commencé la pêche des baleines, il y a cent cinquante ou deux cents ans, on a trouvé les plus âgées et celles qui avoient pris leur entier accroissement; on les a poursuivies, chassées de préférence; enfin on les a détruites, et il ne reste aujourd'hui dans les mers fréquentées par nos pêcheurs que celles qui n'ont pas encore atteint toutes leurs dimensions; car, comme nous l'avons dit ailleurs, une baleine peut bien vivre mille ans, puisqu'une carpe en vit plus de deux cents.

La permanence du séjour de ces grands animaux dans les mers boréales semble fournir une nouvelle preuve de la continuité des continents vers les régions de notre nord, et nous indiquer que cet état de continuité a subsisté long-temps; car si ces animaux marins, que nous supposerons pour un moment nés en même temps que les éléphants, eussent trouvé la route ouverte, ils auroient gagné les mers du midi, pour peu que le refroidissement des eaux leur eût été contraire; et cela seroit arrivé s'ils eussent pris naissance dans le temps que la mer étoit encore chaude. On doit donc présumer que leur existence est postérieure à celle des éléphants et des autres animaux qui ne peuvent subsister que dans les climats du midi. Cependant il se pourroit aussi que la différence de température fût pour

ainsi dire indifférente ou beaucoup moins sensible aux animaux aquatiques qu'aux animaux terrestres. Le froid et le chaud sur la surface de la terre et de la mer suivent à la vérité l'ordre des climats, et la chaleur de l'intérieur du globe est la même dans le sein de la mer et dans celui de la terre à la même profondeur; mais les variations de température, qui sont si grandes à la surface de la terre, sont beaucoup moindres, et presque nulles, à quelques toises de profondeur sous les eaux. Les injures de l'air ne s'y font pas sentir, et ces grands cétacés ne les éprouvent pas, ou du moins peuvent s'en garantir : d'ailleurs, par la nature même de leur organisation, ils paroissent être plutôt munis contre le froid que contre la grande chaleur; car quoique leur sang soit à peu près aussi chaud que celui des animaux quadrupèdes, l'énorme quantité de lard et d'huile qui recouvre leur corps, en les privant du sentiment vif qu'ont les autres animaux, les défend en même temps de toutes les impressions extérieures : et il est à présumer qu'ils restent où ils sont, parce qu'ils n'ont pas le même sentiment qui pourroit les conduire vers une température plus douce, ni l'idée de se trouver mieux ailleurs; car il faut de l'instinct pour se mettre à son aise, il en faut pour se déterminer à changer de demeure, et il y a des animaux, et même des hommes, si bruts, qu'ils préfèrent de languir dans leur ingrate terre natale à la peine qu'il faudroit prendre pour se gîter plus commodément ailleurs[1]. Il est donc très probable que ces cachalots que nous

[1] Je puis en citer un exemple frappant : les Maillés, petite nation sauvage de la Guiane, à peu de distance de l'embouchure de la rivière Ouassa, n'ont pas d'autre domicile que les arbres, au-dessus desquels ils se tiennent toute l'année, parce que leur terrain est toujours plus ou moins couvert d'eau; ils ne descendent de ces arbres que pour aller en canots chercher leur subsistance. Voilà un singulier exemple du stupide attachement à la terre natale; car il ne tiendroit qu'à ces sauvages d'aller comme les autres habiter sur la terre, en s'éloignant de quelques lieues des savanes noyées où ils ont pris naissance et où ils veulent mourir. Ce fait, cité par quelques voyageurs, m'a été confirmé par plusieurs témoins, qui ont vu récemment cette petite nation, composée de trois ou quatre cents sauvages : ils se tiennent en effet sur les arbres au-dessus de l'eau, ils y demeurent toute l'année; leur terrain est une grande nappe d'eau pendant les huit ou neuf mois de pluie; et, pendant les quatre mois d'été, la terre n'est qu'une boue fangeuse, sur laquelle il se

voyons de temps en temps arriver des mers septentrionales sur nos côtes, ne se décident pas à faire ce voyage pour jouir d'une température plus douce, mais qu'ils y sont déterminés par les colonnes de harengs, de maquereaux et d'autres petits poissons, qu'ils suivent et avalent par milliers [1].

Toutes ces considérations nous font présumer que les régions de notre nord, soit de la mer, soit de la terre, ont non-seulement été les premières fécondées, mais que c'est encore dans ces mêmes régions que la nature vivante s'est élevée à ses plus grandes dimensions. Et comment expliquer cette supériorité de force et cette supériorité de formation donnée à cette région du nord exclusivement à toutes les autres parties de la terre? car nous voyons par l'exemple de l'Amérique méridionale, dans les terres de laquelle il ne se trouve que de petits animaux, et dans les mers le seul lamantin, qui est aussi petit en comparaison de la baleine que le tapir l'est en comparaison de l'éléphant; nous voyons, dis-je, par cet exemple frappant, que la nature n'a jamais produit dans les terres du midi des animaux comparables en grandeur aux animaux du nord; et nous voyons de même, par un second exemple tiré des monuments, que, dans les terres méridionales de notre continent, les plus grands animaux sont ceux qui sont venus du nord, et que s'il s'en est produit dans ces terres de notre midi, ce ne sont que des espèces très inférieures aux premières en grandeur et en force. On doit même croire qu'il ne s'en est produit aucune dans les terres méridionales de l'ancien continent, quoiqu'il s'en soit formé dans celles du nouveau; et voici les motifs de cette présomption.

Toute production, toute génération, et même tout accroissement, tout développement, supposent le concours et la réu-

forme une petite croûte de cinq ou six pouces d'épaisseur, composée d'herbes plutôt que de terre, et sous lesquelles on trouve une grande épaisseur d'eau croupissante et fort infecte. (*Add. Buff.*)

[1] Nous n'ignorons pas qu'en général les cétacés ne se tiennent point au-delà du 78 ou 79e degré, et nous savons qu'ils descendent en hiver à quelques degrés au-dessous; mais ils ne viennent jamais en nombre dans les mers tempérées ou chaudes.

nion d'une grande quantité de molécules organiques vivantes; ces molécules, qui animent tous les corps organisés, sont successivement employées à la nutrition et à la génération de tous les êtres. Si tout à coup la plus grande partie de ces êtres étoit supprimée, on verroit paroître des espèces nouvelles, parce que ces molécules organiques, qui sont indestructibles et toujours actives, se réuniroient pour composer d'autres corps organisés; mais étant entièrement absorbées par les moules intérieurs des êtres existants, il ne peut se former d'espèces nouvelles, du moins dans les premières classes de la nature, telles que celles des grands animaux. Or ces grands animaux sont arrivés du nord sur les terres du midi; ils s'y sont nourris, reproduits, multipliés, et ont par conséquent absorbé les molécules vivantes, en sorte qu'ils n'en ont point laissé de superflues qui auroient pu former des espèces nouvelles; tandis qu'au contraire dans les terres de l'Amérique méridionale, où les grands animaux du nord n'ont pu pénétrer, les molécules organiques vivantes ne se trouvant absorbées par aucun moule animal déjà subsistant, elles se seront réunies pour former des espèces qui ne ressemblent point aux autres, et qui toutes sont inférieures, tant par la force que par la grandeur, à celles des animaux venus du nord.

Ces deux formations, quoique d'un temps différent, se sont faites de la même manière et par les mêmes moyens; et si les premières sont supérieures à tous égards aux dernières, c'est que la fécondité de la terre, c'est-à-dire la quantité de la matière organique vivante, étoit moins abondante dans ces climats méridionaux que dans celui du nord. On peut en donner la raison, sans la chercher ailleurs que dans notre hypothèse; car toutes les parties aqueuses, huileuses et ductiles, qui devoient entrer dans la composition des êtres organisés, sont tombées avec les eaux sur les parties septentrionales du globe bien plus tôt et en bien plus grande quantité que sur les parties méridionales. C'est dans ces matières aqueuses et ductiles que les molécules organiques vivantes ont commencé à exercer leur

puissance pour modeler et développer les corps organisés ; et comme les molécules organiques ne sont produites que par la chaleur sur les matières ductiles, elles étoient aussi plus abondantes dans les terres du nord qu'elles n'ont pu l'être dans les terres du midi, où ces mêmes matières étoient en moindre quantité : il n'est pas étonnant que les premières, les plus fortes et les plus grandes productions de la nature vivante se soient faites dans ces mêmes terres du nord ; tandis que dans celles de l'équateur, et particulièrement dans celles de l'Amérique méridionale, où la quantité de ces mêmes matières ductiles étoit bien moindre, il ne s'est formé que des espèces inférieures plus petites et plus foibles que celles des terres du nord.

Mais revenons à l'objet principal de notre époque. Dans ce même temps où les éléphants habitoient nos terres septentrionales, les arbres et les plantes qui couvrent actuellement nos contrées méridionales existoient aussi dans ces mêmes terres du nord. Les monuments semblent le démontrer; car toutes les impressions bien avérées des plantes qu'on a trouvées dans nos ardoises et nos charbons présentent la figure de plantes qui n'existent actuellement que dans les grandes Indes ou dans les autres parties du midi. On pourra m'objecter, malgré la certitude du fait par l'évidence de ces preuves, que les arbres et les plantes n'ont pu voyager comme les animaux, ni par conséquent se transporter du nord au midi. A cela je réponds, 1° que ce transport ne s'est pas fait tout à coup, mais successivement : les espèces de végétaux se sont semées de proche en proche dans les terres dont la température leur devenoit convenable; et ensuite ces mêmes espèces, après avoir gagné jusqu'aux contrées de l'équateur, auront péri dans celles du nord, dont elles ne pouvoient plus supporter le froid. 2° Ce transport ou plutôt ces accrues successives de bois ne sont pas même nécessaires pour rendre raison de l'existence de ces végétaux dans les pays méridionaux; car en général la même température. c'est-à-dire le même degré de chaleur, produit

partout les mêmes plantes sans qu'elles y aient été transportées. La population des terres méridionales par les végétaux est donc encore plus simple que par les animaux.

Il reste celle de l'homme : a-t-elle été contemporaine à celle des animaux ? Des motifs majeurs et des raisons très solides se joignent ici pour prouver qu'elle s'est faite postérieurement à toutes nos époques, et que l'homme est en effet le grand et dernier œuvre de la création. On ne manquera pas de nous dire que l'analogie semble démontrer que l'espèce humaine a suivi la même marche et qu'elle date du même temps que les autres espèces ; qu'elle s'est même plus universellement répandue, et que, si l'époque de sa création est postérieure à celle des animaux, rien ne prouve que l'homme n'ait pas au moins subi les mêmes lois de la nature, les mêmes altérations, les mêmes changements. Nous conviendrons que l'espèce humaine ne diffère pas essentiellement des autres espèces par ses facultés corporelles, et qu'à cet égard son sort eût été le même à peu près que celui des autres espèces : mais pouvons-nous douter que nous ne différions prodigieusement des animaux par le rayon divin qu'il a plu au souverain Être de nous départir ? Ne voyons-nous pas que dans l'homme la matière est conduite par l'esprit ? Il a donc pu modifier les effets de la nature ; il a trouvé le moyen de résister aux intempéries des climats ; il a créé de la chaleur, lorsque le froid l'a détruite : la découverte et les usages de l'élément du feu, dus à sa seule intelligence, l'ont rendu plus fort et plus robuste qu'aucun des animaux, et l'ont mis en état de braver les tristes effets du refroidissement. D'autres arts, c'est-à-dire d'autres traits de son intelligence, lui ont fourni des vêtements, des armes, et bientôt il s'est trouvé le maître du domaine de la terre : ces mêmes arts lui ont donné les moyens d'en parcourir toute la surface et de s'habituer partout, parce qu'avec plus ou moins de précautions tous les climats lui sont devenus pour ainsi dire égaux. Il n'est donc pas étonnant que, quoiqu'il n'existe aucun des animaux du midi de notre continent dans l'autre, l'homme seul, c'est-à-dire son espèce, se trouve également dans cette

terre isolée de l'Amérique méridionale qui paroît n'avoir eu aucune part aux premières formations des animaux, et aussi dans toutes les parties froides ou chaudes de la surface de la terre : car, quelque part et quelque loin que l'on ait pénétré depuis la perfection de l'art de la navigation, l'homme a trouvé partout des hommes; les terres les plus disgraciées, les îles les plus isolées, les plus éloignées des continents, se sont presque toutes trouvées peuplées; et l'on ne peut pas dire que ces hommes, tels que ceux des îles Marianes, ou ceux d'Otahiti et des autres petites îles situées dans le milieu des mers à de si grandes distances de toutes terres habitées, ne soient néanmoins des hommes de notre espèce. puisqu'ils peuvent produire avec nous, et que les petites différences qu'on remarque dans leur nature ne sont que de légères variétés causées par l'influence du climat et de la nourriture.

Néanmoins, si l'on considère que l'homme, qui peut se munir aisément contre le froid, ne peut au contraire se défendre par aucun moyen contre la chaleur trop grande, que même il souffre beaucoup dans les climats que les animaux du midi cherchent de préférence, on aura une raison de plus pour croire que la création de l'homme a été postérieure à celle de ces grands animaux. Le souvrain Être n'a pas répandu le souffle de la vie dans le même instant sur toute la surface de la terre; il a commencé par féconder les mers, et ensuite les terres les plus élevées; et il a voulu donner tout le temps nécessaire à la terre pour se consolider, se refroidir, se découvrir, se sécher, et arriver enfin à l'état de repos et de tranquillité où l'homme pouvoit être le témoin intelligent, l'admirateur paisible du grand spectacle de la nature et des merveilles de la création. Ainsi nous nous sommes persuadés, indépendamment de l'autorité des livres sacrés, que l'homme a été créé le dernier, et qu'il n'est venu prendre le sceptre de la terre que quand elle s'est trouvée digne de son empire. Il paroît néanmoins que son premier séjour a d'abord été, comme celui des animaux terrestres, dans les hautes terres de l'Asie; que c'est dans ces mêmes terres où sont nés les arts de première

nécessité, et bientôt après les sciences, également nécessaires à l'exercice de la puissance de l'homme, et sans lesquelles il n'auroit pu former de société, ni compter sa vie, ni commander aux animaux, ni se servir autrement des végétaux que pour les brouter. Mais nous nous réservons d'exposer dans notre dernière époque les principaux faits qui ont rapport à l'histoire des premiers hommes.

SIXIÈME ÉPOQUE.

Lorsque s'est faite la séparation des continents.

Le temps de la séparation des continents est certainement postérieur au temps où les éléphants habitoient les terres du nord, puisqu'alors leur espèce étoit également subsistante en Amérique, en Europe et en Asie. Cela nous est démontré par les monuments qui sont les dépouilles de ces animaux trouvées dans les parties septentrionales du nouveau continent, comme dans celles de l'ancien. Mais comment est-il arrivé que cette séparation des continents paroisse s'être faite en deux endroits par deux bandes de mer qui s'étendent depuis les contrées septentrionales, toujours en s'élargissant, jusqu'aux contrées les plus méridionales ? Pourquoi ces bandes de mer ne se trouvent-elles pas, au contraire, presque parallèles à l'équateur, puisque le mouvement général des mers se fait d'orient en occident ? N'est-ce pas une nouvelle preuve que les eaux sont primitivement venues des pôles, et qu'elles n'ont gagné les parties de l'équateur que successivement ? Tant qu'a duré la chute des eaux, et jusqu'à l'entière épuration de l'atmosphère, leur mouvement général a été dirigé des pôles à l'équateur ; et comme elles venoient en plus grande quantité du pôle austral, elles ont formé de vastes mers dans cet hémisphère, lesquelles vont en se rétrécissant de plus en plus dans l'hémisphère boréal, jusque sous le cercle polaire ; et c'est par ce mouvement dirigé du sud au nord, que les eaux ont aiguisé toutes les pointes des continents : mais, après leur entier établissement sur la surface de la terre, qu'elles surmontoient partout de deux mille toises, leur mouvement des pôles à l'équateur ne se sera-t-il pas combiné, avant de cesser, avec le mouvement d'orient en occident ? et lorsqu'il a cessé tout-à-fait, les eaux entraînées par le seul mouvement d'orient en occident n'ont-elles pas escarpé tous les revers occidentaux des continents terrestres, quand elles se sont successivement

abaissées ? et enfin n'est-ce pas après leur retraite que tous les continents ont paru, et que leurs contours ont pris leur dernière forme ?

Nous observerons d'abord que l'étendue des terres dans l'hémisphère boréal, en le prenant du cercle polaire à l'équateur, est si grande en comparaison de l'étendue des terres prises de même dans l'hémisphère austral, qu'on pourroit regarder le premier comme l'hémisphère terrestre, et le second comme l'hémisphère maritime. D'ailleurs il y a si peu de distance entre les deux continents vers les régions de notre pôle, qu'on ne peut guère douter qu'ils ne fussent continus dans les temps qui ont succédé à la retraite des eaux. Si l'Europe est aujourd'hui séparée du Groenland, c'est probablement parce qu'il s'est fait un affaissement considérable entre les terres du Groenland et celles de Norwège et de la pointe de l'Écosse, dont les Orcades, l'île de Schetland, celles de Feroé, de l'Islande, et de Hola, ne nous montrent plus que les sommets des terrains submergés ; et si le continent de l'Asie n'est plus contigu à celui de l'Amérique vers le nord, c'est sans doute en conséquence d'un effet tout semblable. Ce premier affaissement que les volcans de l'Islande paroissent nous indiquer a non-seulement été postérieur aux affaissements des contrées de l'équateur et à la retraite des mers, mais postérieur encore de quelques siècles à la naissance des grands animaux terrestres dans les contrées septentrionales ; et l'on ne peut douter que la séparation des continents vers le nord ne soit d'un temps assez moderne en comparaison de la division de ces mêmes continents vers les parties de l'équateur.

Nous présumons encore que, non-seulement le Groenland a été joint à la Norwège et à l'Écosse, mais aussi que le Canada pouvoit l'être à l'Espagne par les bancs de Terre-Neuve, les Açores et les autres îles et hauts-fonds qui se trouvent dans cet intervalle de mer ; ils semblent nous présenter aujourd'hui les sommets les plus élevés de ces terres affaissées sous les eaux. La submersion en est peut-être encore plus moderne que celle du continent de l'Islande, puisque la tradition paroît s'en être

conservée ; l'histoire de l'île Atlantide, rapportée par Diodore et Platon, ne peut s'appliquer qu'à une très grande terre qui s'étendoit fort au loin à l'occident de l'Espagne ; cette terre Atlantide étoit très peuplée, gouvernée par des rois puissants qui commandoient à plusieurs milliers de combattants, et cela nous indique assez positivement le voisinage de l'Amérique avec ces terres Atlantiques situées entre les deux continents. Nous avouerons néanmoins que la seule chose qui soit ici démontrée par le fait, c'est que les deux continents étoient réunis dans le temps de l'existence des éléphants dans les contrées septentrionales de l'un et de l'autre ; et il y a, selon moi, beaucoup plus de probabilité pour cette continuité de l'Amérique avec l'Asie qu'avec l'Europe. Voici les faits et les observations sur lesquels je fonde cette opinion.

1° Quoiqu'il soit probable que les terres du Groenland tiennent à celles de l'Amérique, l'on n'en est pas assuré ; car cette terre du Groenland en est séparée d'abord par le détroit de Davis, qui ne laisse pas d'être fort large, et ensuite par la baie de Baffin, qui l'est encore plus, et cette baie s'étend jusqu'au 78e degré ; en sorte que ce n'est qu'au-delà de ce terme que le Groenland et l'Amérique peuvent être contigus.

2° Le Spitzberg paroît être une continuité des terres de la côte orientale du Groenland, et il y a un assez grand intervalle de mer entre cette côte du Groenland et celle de la Laponie : ainsi l'on ne peut guère imaginer que les éléphants de Sibérie ou de Russie aient pu passer au Groenland. Il en est de même de leur passage par la bande de terre que l'on peut supposer entre la Norwège, l'Écosse, l'Islande et le Groenland : car cet intervalle nous présente des mers d'une largeur assez considérable ; et d'ailleurs ces terres, ainsi que celles du Groenland, sont plus septentrionales que celles où l'on trouve les ossements d'éléphants, tant au Canada qu'en Sibérie : il n'est donc pas vraisemblable que ce soit par ce chemin, actuellement détruit de fond en comble, que ces animaux aient communiqué d'un continent à l'autre.

3° Quoique la distance de l'Espagne au Canada soit beau-

coup plus grande que celle de l'Écosse au Groenland, cette route me paroîtroit la plus naturelle de toutes, si nous étions forcés d'admettre le passage des éléphants d'Europe en Amérique : car ce grand intervalle de mer entre l'Espagne et les terres voisines du Canada est prodigieusement raccourci par les bancs et les îles dont il est semé; et ce qui pourroit donner quelque probabilité de plus à cette présomption, c'est la tradition de la submersion de l'Atlantide.

3° L'on voit que de ces trois chemins, les deux premiers paroissent impraticables, et le dernier si long, qu'il y a peu de vraisemblance que les éléphants aient pu passer d'Europe en Amérique. En même temps il y a des raisons très fortes qui me portent à croire que cette communication des éléphants d'un continent à l'autre a dû se faire par les contrées septentrionales de l'Asie, voisines de l'Amérique. Nous avons observé qu'en général toutes les côtes, toutes les pentes des terres, sont plus rapides vers les mers à l'occident, lesquelles, par cette raison, sont ordinairement plus profondes que les mers à l'orient. Nous avons vu qu'au contraire tous les continents s'étendent en longues pentes douces vers ces mers de l'orient. On peut donc présumer avec fondement que les mers orientales au-delà et au-dessus de Kamtschatka n'ont que peu de profondeur; et l'on a déja reconnu qu'elles sont semées d'une très grande quantité d'îles, dont quelques-unes forment des terrains d'une vaste étendue; c'est un archipel qui s'étend depuis Kamtschatka jusqu'à moitié de la distance de l'Asie à l'Amérique, sous le 60e degré, et qui semble y toucher sous le cercle polaire par les îles d'Anadir et par la pointe du continent de l'Asie.

D'ailleurs les voyageurs qui ont également fréquenté les côtes occidentales du nord de l'Amérique et les terres orientales depuis Kamtschatka jusqu'au nord de cette partie de l'Asie conviennent que les naturels de ces deux contrées d'Amérique et d'Asie se ressemblent si fort, qu'on ne peut guère douter qu'ils ne soient issus les uns des autres : non-seulement ils se ressemblent par la taille, par la forme des traits, la couleur

des cheveux, et la conformation du corps et des membres, mais encore par les mœurs et même par le langage. Il y a donc une très grande probabilité que c'est de ces terres de l'Asie que l'Amérique a reçu ses premiers habitants de toute espèce, à moins qu'on ne voulût prétendre que les éléphants et tous les autres animaux, ainsi que les végétaux, ont été créés en grand nombre dans tous les climats où la température pouvoit leur convenir; supposition hardie et plus que gratuite, puisqu'il suffit de deux individus ou même d'un seul, c'est-à-dire d'un ou deux moules une fois donnés, et doués de la faculté de se reproduire, pour qu'en un certain nombre de siècles la terre se soit peuplée de tous les êtres organisés dont la reproduction suppose ou non le concours des sexes.

En réfléchissant sur la tradition de la submersion de l'Atlantide, il m'a paru que les anciens Égyptiens, qui nous l'ont transmise, avoient des communications de commerce par le Nil et la Méditerranée jusqu'en Espagne et en Mauritanie, et que c'est par cette communication qu'ils auront été informés de ce fait, qui, quelque grand et quelque mémorable qu'il soit, ne seroit pas parvenu à leur connoissance s'ils n'étoient pas sortis de leur pays, fort éloigné du lieu de l'événement. Il sembleroit donc que la Méditerranée et même le détroit qui la joint à l'Océan existoient avant la submersion de l'Atlantide : néanmoins l'ouverture du détroit pourroit bien être de la même date. Les causes qui ont produit l'affaissement subit de cette vaste terre ont dû s'étendre aux environs; la même commotion qui l'a détruite a pu faire écrouler la petite portion de montagnes qui formoit autrefois le détroit; les tremblements de terre qui, même de nos jours, se font encore sentir si violemment aux environs de Lisbonne, nous indiquent assez qu'ils ne sont que les derniers effets d'une ancienne et plus puissante cause, à laquelle on peut attribuer l'affaissement de cette portion de montagnes.

Mais qu'étoit la Méditerranée avant la rupture de cette barrière du côté de l'Océan, et de celle qui fermoit le Bosphore à son autre extrémité vers la mer Noire?

Pour répondre à cette question d'une manière satisfaisante, il faut réunir sous un même coup d'œil l'Asie, l'Europe et l'Afrique, ne les regarder que comme un seul continent, et se représenter la forme en relief de la surface de tout ce continent, avec le cours de ses fleuves : il est certain que ceux qui tombent dans le lac Aral et dans la mer Caspienne ne fournissent qu'autant d'eau que ces lacs en perdent par l'évaporation; il est encore certain que la mer Noire reçoit, en proportion de son étendue, beaucoup plus d'eau par les fleuves que n'en reçoit la Méditerranée : aussi la mer Noire se décharge-t-elle par le Bosphore de ce qu'elle a de trop, tandis qu'au contraire la Méditerranée, qui ne reçoit qu'une petite quantité d'eau par les fleuves, en tire de l'Océan et de la mer Noire. Ainsi, malgré cette communication avec l'Océan, la mer Méditerranée et ces autres mers intérieures ne doivent être regardées que comme des lacs dont l'étendue a varié, et qui ne sont pas aujourd'hui tels qu'ils étoient autrefois. La mer Caspienne devoit être beaucoup plus grande et la Méditerranée plus petite avant l'ouverture des détroits du Bosphore et de Gibraltar; le lac Aral et la Caspienne ne faisoient qu'un seul grand lac, qui étoit le réceptacle commun du Wolga, du Jaïk, du Sirderoias, de l'Oxus, et de toutes les autres eaux qui ne pouvoient arriver à l'Océan : ces fleuves ont amené successivement les limons et les sables qui séparent aujourd'hui la Caspienne de l'Aral; le volume d'eau a diminué dans ces fleuves à mesure que les montagnes dont ils entraînent les terres ont diminué de hauteur : il est donc très probable que ce grand lac, qui est au centre de l'Asie, étoit anciennement encore plus grand, et qu'il communiquoit avec la mer Noire avant la rupture du Bosphore; car dans cette supposition, qui me paroît bien fondée [1], la mer Noire, qui reçoit aujourd'hui

[1] « En parcourant, dit M. Pallas, les immenses déserts qui s'étendent entre le Wolga, le Jaïk, la mer Caspienne et le Don, j'ai remarqué que ces *steppes*, ou déserts sablonneux, sont de toutes parts environnés d'une côte élevée, qui embrasse une grande partie du lit du Jaïk, du Wolga et du Don, et que ces rivières, très profondes avant que d'avoir pénétré dans cette enceinte, sont

plus d'eau qu'elle ne pourroit en perdre par l'évaporation, étant alors jointe avec la Caspienne, qui n'en reçoit qu'autant qu'elle en perd, la surface de ces deux mers réunies étoit assez étendue pour que toutes les eaux émanées par les fleuves fussent enlevées par l'évaporation.

D'ailleurs le Don et le Wolga sont si voisins l'un de l'autre au nord de ces deux mers, qu'on ne peut guère douter qu'elles ne fussent réunies dans le temps où le Bosphore encore fermé ne donnoit à leurs eaux aucune issue vers la Méditerranée : ainsi celles de la mer Noire et de ses dépendances étoient alors répandues sur toutes les terres basses qui avoisinent le Don, le Donjec, etc., et celles de la mer Caspienne couvroient les terres voisines du Wolga, ce qui formoit un lac plus long que large, qui réunissoit ces deux mers. Si l'on compare l'étendue actuelle du lac Aral, de la mer Caspienne et de la mer Noire, avec l'étendue que nous leur supposons dans le temps de leur continuité, c'est-à-dire avant l'ouverture du Bosphore, on sera convaincu que la surface de ces eaux étant alors plus que double de ce qu'elle est aujourd'hui, l'évaporation seule suffisoit pour en maintenir l'équilibre sans débordement.

Ce bassin, qui étoit alors peut-être aussi grand que l'est aujourd'hui celui de la Méditerranée, recevoit et contenoit les eaux de tous les fleuves de l'intérieur du continent de l'Asie, lesquelles, par la position des montagnes, ne pouvoient s'écouler d'aucun côté pour se rendre dans l'Océan : ce grand bassin étoit le réceptacle commun des eaux du Danube, du Don, du Wolga, du Jaïk, du Sirderoias, et de plusieurs autres

remplies d'îles et de bas-fonds dès qu'elles commencent à tomber dans les steppes, où la grande rivière de Kuban va se perdre elle-même dans les sables. De ces observations réunies, je conclus que *la mer Caspienne a couvert autrefois tous ces déserts;* qu'elle n'a eu anciennement d'autres bords que ces mêmes côtes élevées qui les environnent de toutes parts, et qu'elle a communiqué, au moyen du Don, avec la mer Noire, supposé même que cette mer, ainsi que celle d'Azoff, n'en ait pas fait partie. »

M. Pallas est sans contredit l'un de nos plus savants naturalistes; et c'est avec la plus grande satisfaction que je le vois ici entièrement de mon avis sur l'ancienne étendue de la mer Caspienne, et sur la probabilité bien fondée qu'elle communiquoit autrefois avec la mer Noire. (*Add. Buff.*)

rivières très considérables qui arrivent à ces fleuves, ou qui tombent immédiatement dans ces mers intérieures. Ce bassin, situé au centre du continent, recevoit les eaux des terres de l'Europe dont les pentes sont dirigées vers le cours du Danube, c'est-à-dire de la plus grande partie de l'Allemagne, de la Moldavie, de l'Ukraine et de la Turquie d'Europe; il recevoit de même les eaux d'une plus grande partie des terres de l'Asie au nord, par le Don, le Donjec, le Wolga, le Jaïk, etc., et au midi par le Sirderoias et l'Oxus, ce qui présente une très vaste étendue de terre dont toutes les eaux se versoient dans ce réceptacle commun; tandis que le bassin de la Méditerranée ne recevoit alors que celles du Nil, du Rhône, du Pô et de quelques autres rivières : de sorte qu'en comparant l'étendue des terres qui fournissent les eaux à ces derniers fleuves, on reconnoîtra évidemment que cette étendue est de moitié plus petite. Nous sommes donc bien fondés à présumer qu'avant la rupture du Bosphore et celle du détroit de Gibraltar, la mer Noire réunie avec la mer Caspienne et l'Aral formoit un bassin d'une étendue double de ce qu'il en reste; et qu'au contraire la Méditerranée étoit dans le même temps de moitié plus petite qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Tant que les barrières du Bosphore et de Gibraltar ont subsisté, la Méditerranée n'étoit donc qu'un lac d'assez médiocre étendue, dont l'évaporation suffisoit à la recette des eaux du Nil, du Rhône et des autres rivières qui lui appartiennent; mais en supposant, comme les traditions semblent l'indiquer, que le Bosphore se soit ouvert le premier, la Méditerranée aura dès-lors considérablement augmenté, et en même proportion que le bassin supérieur de la mer Noire et de la Caspienne aura diminué. Ce grand effet n'a rien que de très naturel : car les eaux de la mer Noire, supérieures à celles de la Méditerranée, agissant continuellement par leurs poids et par leur mouvement contre les terres qui formoient le Bosphore, elles les auront minées par la base, elles en auront attaqué les endroits les plus foibles; ou peut-être auront-elles été amenées par quelque affaissement causé par un tremble-

ment de terre, et s'étant une fois ouvert cette issue, elles auront inondé toutes les terres inférieures, et causé le plus ancien déluge de notre continent : car il est nécessaire que cette rupture du Bosphore ait produit tout à coup une grande inondation permanente, qui a noyé, dès ce premier temps, toutes les plus basses terres de la Grèce et des provinces adjacentes ; et cette inondation s'est en même temps étendue sur les terres qui environnoient anciennement le bassin de la Méditerranée, laquelle s'est dès-lors élevée de plusieurs pieds, et aura couvert pour jamais les basses terres de son voisinage, encore plus du côté de l'Afrique que de celui de l'Europe : car les côtes de la Mauritanie et de la Barbarie sont très basses en comparaison de celles de l'Espagne, de la France et de l'Italie, tout le long de cette mer. Ainsi le continent a perdu en Afrique et en Europe autant de terre qu'il en gagnoit, pour ainsi dire, en Asie, par la retraite des eaux entre la mer Noire, la Caspienne et l'Aral.

Ensuite il y a eu un second déluge lorsque la porte du détroit de Gibraltar s'est ouverte ; les eaux de l'Océan ont dû produire dans la Méditerranée une seconde augmentation, et ont achevé d'inonder les terres qui n'étoient pas submergées. Ce n'est peut-être que dans ce second temps que s'est formé le golfe Adriatique, ainsi que la séparation de la Sicile et des autres îles. Quoi qu'il en soit, ce n'est qu'après ces deux grands événements que l'équilibre de ces deux mers intérieures a pu s'établir, et qu'elles ont pris leurs dimensions à peu près telles que nous les voyons aujourd'hui.

Au reste, l'époque de la séparation des deux grands continents, et même celle de la rupture de ces barrières de l'Océan et de la mer Noire, paroissent être bien plus anciennes que la date des déluges dont les hommes ont conservé la mémoire : celui de Deucalion n'est que d'environ quinze cents ans avant l'ère chrétienne, et celui d'Ogygès de dix-huit cents ans ; tous deux n'ont été que des inondations particulières, dont la première ravagea la Thessalie, et la seconde les terres de l'Attique ; tous deux n'ont été produits que par une cause particu-

lière et passagère comme leurs effets; quelques secousses d'un tremblement de terre ont pu soulever les eaux des mers voisines et les faire refluer sur les terres, qui auront été inondées pendant un petit temps sans être submergées à demeure. Le déluge de l'Arménie et de l'Égypte, dont la tradition s'est conservée chez les Égyptiens et les Hébreux, quoique plus ancien d'environ cinq siècles que celui d'Ogygès, est encore bien récent en comparaison des événements dont nous venons de parler, puisque l'on ne compte qu'environ quatre mille cent années depuis ce premier déluge, et qu'il est très certain que le temps où les éléphants habitoient les terres du nord étoit bien antérieur à cette date moderne: car nous sommes assurés par les livres les plus anciens, que l'ivoire se tiroit des pays méridionaux; par conséquent nous ne pouvons douter qu'il n'y ait plus de trois mille ans que les éléphants habitent les terres où ils se trouvent aujourd'hui. On doit donc regarder ces trois déluges, quelque mémorables qu'ils soient, comme des inondations passagères qui n'ont point changé la surface de la terre, tandis que la séparation des deux continents du côté de l'Europe n'a pu se faire qu'en submergeant à jamais les terres qui les réunissoient. Il en est de même de la plus grande partie des terrains actuellement couverts par les eaux de la Méditerranée; ils ont été submergés pour toujours dès les temps où les portes se sont ouvertes aux deux extrémités de cette mer intérieure pour recevoir les eaux de la mer Noire et celles de l'Océan.

Ces événements, quoique postérieurs à l'établissement des animaux terrestres dans les contrées du nord, ont peut-être précédé leur arrivée dans les terres du midi; car nous avons démontré, dans l'époque précédente, qu'il s'est écoulé bien des siècles avant que les éléphants de Sibérie aient pu venir en Afrique ou dans les parties méridionales de l'Inde. Nous avons compté dix mille ans pour cette espèce de migration, qui ne s'est faite qu'à mesure du refroidissement successif et fort lent des différents climats depuis le cercle polaire à l'équateur. Ainsi la séparation des continents, la submersion des

terres qui les réunissoient, celle des terrains adjacents à l'ancien lac de la Méditerranée, et enfin la séparation de la mer Noire, de la Caspienne et de l'Aral, quoique toutes postérieures à l'établissement de ces animaux dans les contrées du nord, pourroient bien être antérieures à la population des terres du midi, dont la chaleur trop grande alors ne permettoit pas aux êtres sensibles de s'y habituer, ni même d'en approcher. Le soleil étoit encore l'ennemi de la nature dans ces régions brûlantes de leur propre chaleur, et il n'en est devenu le père que quand cette chaleur intérieure de la terre s'est assez attiédie pour ne pas offenser la sensibilité des êtres qui nous ressemblent. Il n'y a peut-être pas cinq mille ans que les terres de la zone torride sont habitées, tandis qu'on en doit compter au moins quinze mille depuis l'établissement des animaux terrestres dans les contrées du nord.

Les hautes montagnes, quoique situées dans les climats les plus chauds, se sont refroidies peut-être aussi promptement que celles des pays tempérés, parce qu'étant plus élevées que ces dernières, elles forment des pointes plus éloignées de la masse du globe; l'on doit donc considérer qu'indépendamment du refroidissement général et successif de la terre depuis les pôles à l'équateur, il y a eu des refroidissements particuliers plus ou moins prompts dans toutes les montagnes et dans les terres élevées des différentes parties du globe, et que, dans le temps de sa trop grande chaleur, les seuls lieux qui fussent convenables à la nature vivante ont été les sommets des montagnes et d'autres terres élevées, telles que celles de la Sibérie et de la haute Tartarie.

Lorsque toutes les eaux ont été établies sur le globe, leur mouvement d'orient en occident a escarpé les revers occidentaux de tous les continents pendant tout le temps qu'a duré l'abaissement des mers : ensuite ce même mouvement d'orient en occident a dirigé les eaux contre les pentes douces des terres orientales, et l'Océan s'est emparé de leurs anciennes côtes; et, de plus, il paroît avoir tranché toutes les pointes des continents terrestres, et avoir formé les détroits de Ma-

gellan à la pointe de l'Amérique, de Ceylan à la pointe de l'Inde, de Forbisher à celle du Groenland, etc.

C'est à la date d'environ dix mille ans, à compter de ce jour, en arrière, que je placerois la séparation de l'Europe et de l'Amérique; et c'est à peu près dans ce même temps que l'Angleterre a été séparée de la France, l'Irlande de l'Angleterre, la Sicile de l'Italie, la Sardaigne de la Corse, et toutes deux du continent de l'Afrique : c'est peut-être aussi dans ce même temps que les Antilles, Saint-Domingue et Cuba ont été séparés du continent de l'Amérique. Toutes ces divisions particulières sont contemporaines ou de peu postérieures à la grande séparation des deux continents; la plupart même ne paroissent être que les suites nécessaires de cette grande division, laquelle ayant ouvert une large route aux eaux de l'Océan leur aura permis de refluer sur toutes les terres basses, d'en attaquer par leur mouvement les parties les moins solides, de les miner peu à peu, et de les trancher enfin jusqu'à les séparer des continents voisins.

On peut attribuer la division entre l'Europe et l'Amérique à l'affaissement des terres qui formoient autrefois l'Atlantide; et la séparation entre l'Asie et l'Amérique (si elle existe réellement) supposerait un pareil affaissement dans les mers septentrionales de l'orient : mais la tradition ne nous a conservé que la mémoire de la submersion de la Taprobane, terre située dans le voisinage de la zone torride, et par conséquent trop éloignée pour avoir influé sur cette séparation des continents vers le nord. L'inspection du globe nous indique, à la vérité, qu'il y a eu des bouleversements plus grands et plus fréquents dans l'Océan indien que dans aucune autre partie du monde [1],

[1] La plus ancienne tradition qui reste de ces affaissements dans les terres du midi est celle de la perte de la Taprobane, dont on croit que les Maldives et les Laquedives ont fait autrefois partie. Ces îles, ainsi que les écueils et les bancs qui règnent depuis Madagascar jusqu'à la pointe de l'Inde, semblent indiquer les sommets des terres qui réunissoient l'Afrique avec l'Asie; car ces îles ont presque toutes, du côté du nord, des terres et des bancs qui se prolongent très loin sous les eaux.

Il paroît aussi que les îles de Madagascar et de Ceylan étoient autrefois

et que non-seulement il s'est fait de grands changements dans ces contrées par l'affaissement des cavernes, les tremblements de terre et l'action des volcans, mais encore par l'effet continuel du mouvement général des mers, qui, constamment dirigées d'orient en occident, ont gagné une grande étendue de terrain sur les côtes anciennes de l'Asie, et ont formé les

unies aux continents qui les avoisinent. Ces séparations et ces grands bouleversements dans les mers du midi ont la plupart été produits par l'affaissement des cavernes, par les tremblements de terre et par l'explosion des feux souterrains; mais il y a eu aussi beaucoup de terres envahies par le mouvement lent et successif de la mer d'orient en occident. Les endroits du monde où cet effet est le plus sensible sont les régions du Japon, de la Chine et de toutes les parties orientales de l'Asie. Ces mers situées à l'occident de la Chine et du Japon ne sont pour ainsi dire qu'accidentelles, et peut-être encore plus récentes que notre Méditerranée.

Les îles de la Sonde, les Moluques et les Philippines ne présentent que des terres bouleversées, et sont encore pleines de volcans : il y en a beaucoup aussi dans les îles du Japon, et l'on prétend que c'est l'endroit de l'univers le plus sujet aux tremblements de terre; on y trouve quantité de fontaines d'eau chaude. La plupart des autres îles de l'Océan indien ne nous offrent aussi que des pics ou des sommets de montagnes isolées qui vomissent le feu. L'Île-de-France et l'île de Bourbon paroissent deux de ces sommets, presque entièrement couverts de matières rejetées par les volcans : ces deux îles étoient inhabitées lorsqu'on en a fait la découverte.

Les côtes de la Guiane françoise sont si basses, que ce sont plutôt des grèves toutes couvertes de vase en pente très douce, qui commence dans les terres et s'étend sur le fond de la mer à une très grande distance. Les gros navires ne peuvent approcher de la rivière de Cayenne sans toucher, et les vaisseaux de guerre sont obligés de rester deux ou trois lieues en mer. Ces vases en pente douce s'étendent, tout le long des rivages, depuis Cayenne jusqu'à la rivière des Amazones; l'on ne trouve dans cette grande étendue que de la vase et point de sable, et tous les bords de la mer sont couverts de palétuviers : mais à sept ou huit lieues au-dessus de Cayenne, du côté du nord-ouest, jusqu'au fleuve Marony, on trouve quelques anses dont le fond est de sable et de rochers qui forment des brisants; la vase cependant les recouvre pour la plupart, aussi bien que les couches de sable, et cette vase a d'autant plus d'épaisseur qu'elle s'éloigne davantage du bord de la mer : les petits rochers n'empêchent pas que ce terrain ne soit en pente très douce à plusieurs lieues d'étendue dans les terres. Cette partie de la Guiane qui est au nord-ouest de Cayenne est une contrée plus élevée que celles qui sont au sud-est : on en a une preuve démonstrative; car tout le long des bords de la mer on trouve de grandes savanes noyées qui bordent la côte, et dont la plupart sont desséchées dans la partie du nord-ouest, tandis qu'elles sont toutes couvertes des eaux de la mer dans les parties du sud-est. Outre ces terrains noyés actuellement par la mer, il y en a d'autres plus éloignés, et

petites mers intérieures de Kamtschatka, de la Corée, de la Chine, etc. Il paroît même qu'elles ont aussi noyé toutes les terres basses qui étoient à l'orient de ce continent; car si l'on tire une ligne depuis l'extrémité septentrionale de l'Asie, en passant par la pointe de Kamtschatka, jusqu'à la Nouvelle-Guinée, c'est-à-dire depuis le cercle polaire jusqu'à l'équateur,

qui de même étoient noyés autrefois. On trouve aussi en quelques endroits des savanes d'eau douce; mais celles-ci ne produisent point de palétuviers, et seulement beaucoup de palmiers-lataniers. On ne trouve pas une seule pierre sur toutes ces côtes basses : la marée ne laisse pas d'y monter de sept ou huit pieds de hauteur, quoique les courants lui soient opposés; car ils sont tous dirigés vers les îles Antilles. La marée est fort sensible lorsque les eaux des fleuves sont basses, et on s'en aperçoit alors jusqu'à quarante et même cinquante lieues dans ces fleuves; mais en hiver, c'est-à-dire dans la saison des pluies, lorsque les fleuves sont gonflés, la marée y est à peine sensible à une ou deux lieues, tant le courant de ces fleuves est rapide, et il devient de la plus grande impétuosité à l'heure du reflux.

Les grosses tortues de mer viennent déposer leurs œufs sur le fond de ces anses de sable, et on ne les voit jamais fréquenter les terrains vaseux; en sorte que, depuis Cayenne jusqu'à la rivière des Amazones, il n'y a point de tortues, et on va les pêcher depuis la rivière Courou jusqu'au fleuve Marony. Il semble que la vase gagne tous les jours du terrain sur les sables, et qu'avec le temps cette côte nord-ouest de Cayenne en sera recouverte comme la côte sud-est; car les tortues, qui ne veulent que du sable pour y déposer leurs œufs, s'éloignent peu à peu de la rivière Corou, et depuis quelques années on est obligé de les aller chercher plus loin du côté du fleuve Marony, dont les sables ne sont pas encore couverts.

Au-delà des savanes, dont les unes sont sèches et les autres noyées, s'étend un cordon de collines, qui sont toutes couvertes d'une grande épaisseur de terre plantée partout de vieilles forêts : communément ces collines ont 350 ou 400 pieds d'élévation : mais en s'éloignant davantage on en trouve de plus élevées, et peut-être de plus du double en s'avançant dans les terres jusqu'à dix ou douze lieues. La plupart de ces montagnes sont évidemment d'anciens volcans éteints. Il y en a pourtant une, appelée *la Gabrielle*, au sommet de laquelle on trouve une grande mare ou petit lac, qui nourrit des caïmans en assez grand nombre, dont apparemment l'espèce s'y est conservée depuis le temps où la mer couvrait cette colline.

Au-delà de cette montagne Gabrielle, on ne trouve que de petits vallons, des terres, des mornes, et des matières volcanisées qui ne sont point en grandes masses, mais qui sont brisées par petits blocs. La pierre la plus commune, et dont les eaux ont entraîné des blocs jusqu'à Cayenne, est celle que l'on appelle la *pierre à ravets*, qui, comme nous l'avons dit, n'est point une pierre, mais une lave de volcan : on l'a nommée *pierre à ravets*, parce qu'elle est trouée, et que les insectes appelés *ravets*, se logent dans les trous de cette lave. (*Add. Buff.*)

on verra que les îles Marianes et celles des Callanos, qui se trouvent dans la direction de cette ligne sur une longueur de plus de deux cent cinquante lieues, sont les restes ou plutôt les anciennes côtes de ces vastes terres envahies par la mer : ensuite si l'on considère les terres, depuis celles du Japon à Formose, de Formose aux Philippines, des Philippines à la Nouvelle-Guinée, on sera porté à croire que le continent de l'Asie étoit autrefois contigu avec celui de la Nouvelle-Hollande, lequel s'aiguise et aboutit en pointe vers le midi, comme tous les autres grands continents.

Ces bouleversements, si multipliés et si évidents dans les mers méridionales, l'envahissement tout aussi évident des anciennes terres orientales par les eaux de ce même Océan, nous indiquent assez les prodigieux changements qui sont arrivés dans cette vaste partie du monde, surtout dans les contrées voisines de l'équateur : cependant ni l'une ni l'autre de ces grandes causes n'a pu produire la séparation de l'Asie et de l'Amérique vers le nord; il sembleroit au contraire que si ces continents eussent été séparés au lieu d'être continus, les affaissements vers le midi, et l'irruption des eaux dans les terres de l'orient, auroient dû attirer celles du nord, et par conséquent découvrir la terre de cette région entre l'Asie et l'Amérique. Cette considération confirme les raisons que j'ai données ci-devant pour la continuité réelle des deux continents vers le nord en Asie.

Après la séparation de l'Europe et de l'Amérique, après la rupture des détroits, les eaux ont cessé d'envahir de grands espaces; et dans la suite la terre a plus gagné sur la mer qu'elle n'a perdu : car, indépendamment des terrains de l'intérieur de l'Asie nouvellement abandonnés par les eaux, tels que ceux qui environnent la Caspienne et l'Aral, indépendamment de toutes les côtes en pente douce que cette dernière retraite des eaux laissoit à découvert, les grands fleuves ont presque tous formé des îles et de nouvelles contrées près de leurs embouchures. On sait que le Delta de l'Égypte, dont l'étendue ne laisse pas d'être considérable, n'est qu'un atterrissement pro-

duit par les dépôts du Nil. Il en est de même de la grande île à l'entrée du fleuve Amour, dans la mer orientale de la Tartarie chinoise. En Amérique, la partie méridionale de la Louisiane, près du fleuve du Missisipi, et la partie orientale située à l'embouchure de la rivière des Amazones, sont des terres nouvellement formées par le dépôt de ces grands fleuves. Mais nous ne pouvons choisir un exemple plus grand d'une contrée récente, que celui des vastes terres de la Guiane; leur aspect nous rappellera l'idée de la nature brute, et nous présentera le tableau nuancé de la formation successive d'une terre nouvelle.

Dans une étendue de plus de cent vingt lieues, depuis l'embouchure de la rivière de Cayenne jusqu'à celle des Amazones, la mer, de niveau avec la terre, n'a d'autre fond que de la vase, et d'autres côtes qu'une couronne de bois aquatiques, de *mangles* ou *palétuviers*, dont les racines, les tiges et les branches courbées trempent également dans l'eau salée, et ne présentent que des halliers aqueux qu'on ne peut pénétrer qu'en canot et la hache à la main. Ce fond de vase s'étend en pente douce à plusieurs lieues sous les eaux de la mer. Du côté de la terre, au-delà de cette large lisière de palétuviers, dont les branches, plus inclinées vers l'eau qu'élevées vers le ciel, forment un fort qui sert de repaire aux animaux immondes, s'étendent encore des *savanes noyées*, plantées de *palmiers lataniers*, et jonchées de leurs débris: ces lataniers sont de grands arbres, dont, à la vérité, le pied est encore dans l'eau, mais dont la tête et les branches élevées et garnies de fruits invitent les oiseaux à s'y percher. Au-delà des palétuviers et des lataniers l'on ne trouve encore que des bois mous, des *comons*, des *pineaux*, qui ne croissent pas dans l'eau, mais dans les terrains bourbeux auxquels aboutissent les savanes noyées; ensuite commencent des forêts d'une autre essence: les terres s'élèvent en pente douce, et marquent pour ainsi dire leur élévation par la solidité et la dureté des bois qu'elles produisent. Enfin, après quelques lieues de chemin en ligne directe depuis la mer, on trouve des collines

dont les coteaux, quoique rapides, et même les sommets, sont également garnis d'une grande épaisseur de bonne terre, plantée partout d'arbres de tout âge, si pressés, si serrés les uns contre les autres, que leurs cimes entrelacées laissent à peine passer la lumière du soleil, et sous leur ombre épaisse entretiennent une humidité si froide, que le voyageur est obligé d'allumer du feu pour y passer la nuit; tandis qu'à quelque distance de ces sombres forêts, dans les lieux défrichés, la chaleur, excessive pendant le jour, est encore trop grande pendant la nuit. Cette vaste terre des côtes et de l'intérieur de la Guiane n'est donc qu'une forêt tout aussi vaste, dans laquelle des sauvages, en petit nombre, ont fait quelques clairières et de petits abatis pour pouvoir s'y domicilier sans perdre la jouissance de la chaleur de la terre et de la lumière du jour.

La grande épaisseur de terre végétale qui se trouve jusque sur le sommet des collines démontre la formation récente de toute la contrée; elle l'est en effet au point qu'au-dessus de l'une de ces collines, nommée *la Gabrielle,* on voit un petit lac peuplé de crocodiles *caïmans* que la mer y a laissés à cinq ou six lieues de distance et à six ou sept cents pieds de hauteur au-dessus de son niveau. Nulle part on ne trouve de la pierre calcaire : car on transporte de France la chaux nécessaire pour bâtir à Cayenne : ce qu'on appelle *pierre à ravets* n'est point une pierre, mais une lave de volcan, trouée comme les scories des forges; cette lave se présente en blocs épars ou en monceaux irréguliers dans quelques montagnes où l'on voit les bouches des anciens volcans qui sont actuellement éteints, parce que la mer s'est retirée et éloignée du pied de ces montagnes. Tout concourt donc à prouver qu'il n'y a pas longtemps que les eaux ont abandonné ces collines, et encore moins de temps qu'elles ont laissé paroître les plaines et les terres basses; car celles-ci ont été presque entièrement formées par le dépôt des eaux courantes. Les fleuves, les rivières, les ruisseaux, sont si voisins les uns des autres, et en même temps si larges, si gonflés, si rapides dans la saison des

pluies, qu'ils entraînent incessamment des limons immenses, lesquels se déposent sur toutes les terres basses et sur le fond de la mer en sédiments vaseux. Ainsi cette terre nouvelle s'accroîtra de siècle en siècle, tant qu'elle ne sera pas peuplée; car on doit compter pour rien le petit nombre d'hommes qu'on y rencontre : ils sont encore, tant au moral qu'au physique, dans l'état de pure nature; ni vêtements, ni religion, ni société, qu'entre quelques familles dispersées à de grandes distances, peut-être au nombre de trois ou quatre cents carbets, dans une terre dont l'étendue est quatre fois plus grande que celle de la France.

Ces hommes, ainsi que la terre qu'ils habitent, paroissent être les plus nouveaux de l'univers : ils y sont arrivés des pays plus élevés et dans des temps postérieurs à l'établissement de l'espèce humaine dans les hautes contrées du Mexique, du Pérou et du Chili; car, en supposant les premiers hommes en Asie, ils auront passé par la même route que les éléphants, et se seront, en arrivant, répandus dans les terres de l'Amérique septentrionale et du Mexique; ils auront ensuite aisément franchi les hautes terres au-delà de l'isthme, et se seront établis dans celles du Pérou, et enfin ils auront pénétré jusque dans les contrées les plus reculées de l'Amérique méridionale. Mais n'est-il pas singulier que ce soit dans quelques-unes de ces dernières contrées qu'existent encore de nos jours les géants de l'espèce humaine, tandis qu'on n'y voit que des pygmées dans le genre des animaux? car on ne peut douter qu'on n'ait rencontré dans l'Amérique méridionale des hommes en grand nombre, tous plus grands, plus carrés, plus épais et plus forts que ne le sont tous les autres hommes de la terre. Les races de géants, autrefois si communes en Asie, n'y subsistent plus. Pourquoi se trouvent-elles en Amérique aujourd'hui? ne pouvons-nous pas croire que quelques géants, ainsi que les éléphants, ont passé de l'Asie en Amérique, où s'étant trouvés pour ainsi dire seuls, leur race s'est conservée dans ce continent désert, tandis qu'elle a été entièrement détruite par le nombre des autres hommes dans les contrées peuplées? Une

circonstance me paroît avoir concouru au maintien de cette ancienne race de géants dans le continent du Nouveau-Monde; ce sont les hautes montagnes qui le partagent dans toute sa longueur et sous tous les climats. Or on sait qu'en général les habitants des montagnes sont plus grands et plus forts que ceux des vallées ou des plaines. Supposant donc quelques couples de géants passés en Amérique, où ils auront trouvé la liberté, la tranquillité, la paix, ou d'autres avantages que peut-être ils n'avoient pas chez eux, n'auront-ils pas choisi dans les terres de leur nouveau domaine celles qui leur convenoient le mieux, tant pour la chaleur que pour la salubrité de l'air et des eaux? Ils auront fixé leur domicile à une hauteur médiocre dans les montagnes; ils se seront arrêtés sous le climat le plus favorable à leur multiplication; et comme ils avoient peu d'occasions de se mésallier, puisque toutes les terres voisines étoient désertes, ou du moins tout aussi nouvellement peuplées par un petit nombre d'hommes bien inférieurs en force, leur race gigantesque s'est propagée sans obstacle et presque sans mélange : elle a duré et subsisté jusqu'à ce jour, tandis qu'il y a nombre de siècles qu'elle a été détruite dans les lieux de son origine en Asie, par la très grande et plus ancienne population de cette partie du monde [1].

Mais autant les hommes se sont multipliés dans les terres

[1] On ne peut pas douter qu'il n'y ait eu des individus géants dans tous les climats de la terre, puisque de nos jours on en voit encore naître en tout pays, et que récemment on en a vu un qui était né sur les confins de la Laponie, du côté de la Finlande. Mais on n'est pas également sûr qu'il y ait eu des races constantes et moins encore des peuples entiers de géants : cependant le témoignage de plusieurs auteurs anciens, et ceux de l'Écriture sainte, qui est encore plus ancienne, me paroissent indiquer assez clairement qu'il y a eu des races de géants en Asie; et nous croyons devoir présenter ici les passages les plus positifs à ce sujet. Il est dit, *Nombres*, chap. XIII, verset 34 : « Nous avons vu les géants de la race d'Hanak, aux yeux desquels nous ne « devions paraître pas plus grands que des cigales. » Et par une autre version il est dit : « Nous avons vu des monstres de la race d'Énac, auprès desquels « nous n'étions pas plus grands que des sauterelles. » Quoique ceci ait l'air d'une exagération, assez ordinaire dans le style oriental, cela prouve néanmoins que ces géants étoient très grands.

Dans le second livre des *Rois*, chapitre XXI, verset 20, il est parlé d'un

qui sont actuellement chaudes et tempérées, autant leur nombre a diminué dans celles qui sont devenues trop froides. Le nord du Groenland, de la Laponie, du Spitzberg, de la Nouvelle-Zemble, de la terre des Samoïèdes, aussi bien qu'une partie de celles qui avoisinent la mer Glaciale jusqu'à l'extrémité de l'Asie au nord de Kamtschatka, sont actuellement désertes, ou

homme très grand « de la race d'Arapha, qui avoit six doigts aux pieds et aux « mains ; » et l'on voit par le verset 18 que cette race d'Arapha étoit *de genere gigantum*.

On trouve encore dans le *Deutéronome* plusieurs passages qui prouvent l'existence des géants et leur destruction. « Un peuple nombreux, est-il dit, et « d'une grande hauteur, comme ceux d'Énacim, que le Seigneur a détruits. » (Chapitre II, verset 21.) Et il est dit, versets 19 et 20 : « Le pays d'Ammon « est réputé pour un pays de géants, dans lequel ont autrefois habité les géants « que les Ammonites appellent *Zomzommim*. »

Dans *Josué*, chapitre XI, verset 22, il est dit : « Les seuls géants de la « race d'Énacim qui soient restés parmi les enfants d'Israel étoient dans les « villes de Gaza, de Geth et d'Azot ; tous les autres géants de cette race ont « été détruits. »

Philon, saint Cyrille, et plusieurs autres auteurs, semblent croire que le mot de *géants* n'indique que des hommes superbes et impies, et non pas des hommes d'une grandeur de corps extraordinaire ; mais ce sentiment ne peut pas se soutenir, puisque souvent il est question de la hauteur et de la force de corps de ces mêmes hommes.

Dans le prophète Amos, il est dit que le peuple des Amorrhéens étoit si haut, qu'on les a comparés aux cèdres, sans donner d'autres mesures à leur grande hauteur.

Og, roi de Basan, avoit la hauteur de neuf coudées, et Goliath, de dix coudées et un palme. Le lit d'Og avoit neuf coudées de longueur, c'est-à-dire treize pieds et demi, et de largeur quatre coudées, qui font six pieds.

Le corselet de Goliath pesoit 208 livres 4 onces, et le fer de sa lance pesoit 25 livres.

Ces témoignages me paroissent suffisants pour qu'on puisse croire avec quelque fondement qu'il a autrefois existé dans le continent de l'Asie non-seulement des individus, mais des races de géants, qui ont été détruits, et dont les derniers subsistoient encore du temps de David. Et quelquefois la nature, qui ne perd jamais ses droits, semble remonter à ce même point de force de production et de développement ; car, dans presque tous les climats de la terre, il paroît de temps en temps des hommes d'une grandeur extraordinaire, c'est-à-dire de sept pieds et demi, huit, et même neuf pieds : car, indépendamment des géants bien avérés, et dont nous avons déja fait mention, nous pourrions citer un nombre infini d'autres exemples, rapportés par les auteurs anciens et modernes, des géants de dix, douze, quinze, dix-huit pieds de hauteur, et même encore au-delà ; mais je suis bien persuadé qu'il faut beaucoup rabattre de ces dernières mesures. On a souvent pris des os d'éléphant pour des os humains : et d'ailleurs la nature, telle qu'elle nous est con

plutôt dépeuplées depuis un temps assez moderne. On voit même, par les cartes russes, que depuis les embouchures des fleuves Oleneck, Lena et Jana, sous les 73 et 75e degrés, la route, tout le long des côtes de cette mer Glaciale jusqu'à la terre des Tschutschis, étoit autrefois fort fréquentée, et qu'actuellement elle est impraticable, ou tout au moins si difficile,

nue, ne nous offre dans aucune espèce des disproportions aussi grandes, excepté peut-être dans l'espèce de l'hippopotame, dont les dents trouvées dans le sein de la terre sont au moins quatre fois plus grosses que les dents des hippopotames actuels.

Les os du prétendu roi Theutobochus, trouvés en Dauphiné, ont fait le sujet d'une dispute entre Habicot, chirurgien de Paris, et Riolan, docteur en médecine, célèbre anatomiste. Habicot a écrit, dans un petit ouvrage qui a pour titre *Gigantostéologie*, que ces os étoient dans un sépulcre de brique à 18 pieds de terre, entouré de sablon : il ne donne ni la description exacte, ni les dimensions, ni le nombre de ces os; il prétend que ces os étoient vraiment des os humains, d'autant, dit-il, qu'aucun animal n'en possède de tels. Il ajoute que ce sont des maçons qui, travaillant chez le seigneur de Langon, gentilhomme du Dauphiné, trouvèrent, le 11 janvier 1613, ce tombeau, proche les masures du château de Chaumont; que ce tombeau étoit de brique; qu'il avoit 20 pieds de longueur, 12 de largeur, et 8 de profondeur, en comptant le chapiteau, au milieu duquel étoit une pierre grise sur laquelle étoit gravé *Theutobochus rex*; que ce tombeau ayant été ouvert, on vit un squelette humain de 25 pieds ½ de longueur, 10 de largeur à l'endroit des épaules, et 5 pieds d'épaisseur; qu'avant de toucher ces os, on mesura la tête, qui avoit 5 pieds de longueur et 10 en rondeur. (Je dois observer que la proportion de la longueur de la tête humaine avec celle du corps n'est pas d'un cinquième, mais d'un septième et demi; en sorte que cette tête de 5 pieds supposeroit un corps humain de 37 pieds ½ de hauteur.) Enfin il dit que la mâchoire inférieure avoit 6 pieds de tour, les orbites des yeux 7 pouces de tour, chaque clavicule 4 pieds de long, et que la plupart de ces ossements se mirent en poudre après avoir été frappés de l'air.

Le docteur Riolan publia, la même année 1613, un écrit, sous le nom de *Gigantomachie*, dans lequel il dit que le chirurgien Habicot a donné, dans sa *Gigantostéologie*, des mesures fausses de la grandeur du corps et des os du prétendu géant Theutobochus; que lui, Riolan, a mesuré l'os de la cuisse, celui de la jambe, avec l'astragale joint au calcanéum, et qu'il ne leur a trouvé que 6 pieds ½, y compris l'os pubis; ce qui ne ferait que 13 pieds au lieu de 25 pour la hauteur du géant.

Il donne ensuite les raisons qui lui font douter que ces os soient des os humains; et il conclut en disant que ces os présentés par Habicot ne sont pas des os humains, mais des os d'éléphant.

Un an ou deux après la publication de la *Gigantostéologie* d'Habicot, et de la *Gigantomachie* de Riolan, il parut une brochure sous le titre de l'*Imposture découverte des os humains supposés, et faussement attribués au roi Theutobochus*, dans laquelle on ne trouve autre chose sinon que ces

qu'elle est abandonnée. Ces mêmes cartes nous montrent que des trois vaisseaux partis en 1648 de l'embouchure commune des fleuves de Kolima et Olomon, sous le 72e degré, un seul a doublé le cap de la terre des Tschutschis sous le 75e degré, et seul est arrivé, disent les mêmes cartes, aux îles d'Anadir, voisines de l'Amérique sous le cercle polaire. Mais autant je

os ne sont pas des os humains, mais des os fossiles engendrés par la vertu de la terre; et encore un autre livret, sans nom d'auteur, dans lequel il est dit qu'à la vérité il y a parmi ces os des os humains, mais qu'il y en avoit d'autres qui n'étoient pas humains.

Ensuite, en 1618, Riolan publia un écrit, sous le nom de *Gigantologie*, où il prétend non-seulement que les os en question ne sont pas des os humains, mais encore que les hommes en général n'ont jamais été plus grands qu'ils ne le sont aujourd'hui.

Habicot répondit à Riolan dans la même année 1618; et il dit qu'il a offert au roi Louis XIII sa *Gigantostéologie*, et qu'en 1613, sur la fin de juillet, on exposa aux yeux du public les os énoncés dans cet ouvrage, et que ce sont vraiment des os humains: il cite un grand nombre d'exemples, tirés des auteurs anciens et modernes, pour prouver qu'il y a eu des hommes d'une grandeur excessive. Il persiste à dire que les os calcanéum, tibia et fémur, du géant Theutobochus, étant joints les uns avec les autres, portoient plus de 11 pieds de hauteur.

Il donne ensuite les lettres qui lui ont été écrites dans le temps de la découverte de ces os, et qui semblent confirmer la réalité du fait du tombeau et des os du géant Theutobochus. Il paroît par la lettre du seigneur de Langon, datée de Saint-Marcellin en Dauphiné, et par une autre du sieur Masurier, chirurgien à Beaurepaire, qu'on avoit trouvé des monnoies d'argent avec les os. La première lettre est conçue dans les termes suivants:

« Comme sa majesté désire d'avoir le reste des os du roi Theutobochus, avec la monnaie d'argent qui s'y est trouvée, je puis vous dire d'avance que vos parties adverses sont très mal fondées, et que s'ils savoient leur métier, ils ne douteroient pas que ces os ne soient véritablement des os humains. Les docteurs en médecine de Montpellier se sont transportés ici, et auroient bien voulu avoir ces os pour de l'argent. M. le maréchal de Lesdiguières les a fait porter à Grenoble pour les voir, et les médecins et chirurgiens de Grenoble les ont reconnus pour os humains; de sorte qu'il n'y a que les ignorants qui puissent nier cette vérité, etc.

« *Signé*, Langon. »

Au reste, dans cette dispute, Riolan et Habicot, l'un médecin et l'autre chirurgien, se sont dit plus d'injures qu'ils n'ont écrit de faits et de raisons: ni l'un ni l'autre n'ont eu assez de sens pour décrire exactement les os dont il est question; mais tous deux, emportés par l'esprit de corps et de parti, ont écrit d'une manière à ôter toute confiance. Il est donc très difficile de prononcer affirmativement sur l'espèce de ces os; mais s'ils ont été en effet trouvés dans un tombeau de brique, avec un couvercle de pierre, sur lequel

suis persuadé de la vérité de ces premiers faits, autant je doute de celle du dernier; car cette même carte, qui présente par une *suite de points* la route de ce vaisseau russe autour de la terre des Tschutschis, porte en même temps *en toutes lettres* qu'on ne connoît pas l'étendue de cette terre: or, quand même on auroit, en 1648, parcouru cette mer et fait le tour de cette

étoit l'inscription *Theutobochus rex*; s'il s'est trouvé des monnoies dans ce tombeau, s'il ne contenoit qu'un seul cadavre de 24 ou 25 pieds de longueur, si la lettre du seigneur de Langon contient la vérité, on ne pourroit guère douter du fait essentiel, c'est-à-dire de l'existence d'un géant de 24 pieds de hauteur, à moins de supposer un concours fort extraordinaire de circonstances mensongères; mais aussi le fait n'est pas prouvé d'une manière assez positive pour qu'on ne doive pas en douter beaucoup. Il est vrai que plusieurs auteurs, d'ailleurs dignes de foi, ont parlé de géants aussi grands et encore plus grands. Pline rapporte que, par un tremblement de terre en Crète, une montagne s'étant entr'ouverte, on y trouva un corps de 16 coudées, que les uns ont dit être le corps d'Otus, et d'autres celui d'Orion. Les 16 coudées donnent 24 pieds de longueur, c'est-à-dire la même que celle du roi Theutobochus.

On trouve dans un Mémoire de M. Le Cat, académicien de Rouen, une énumération de plusieurs géants d'une grandeur excessive; savoir, deux géants dont les squelettes furent trouvés par les Athéniens près de leur ville, l'un de 36 et l'autre de 34 pieds de hauteur; un autre de 30 pieds, trouvé en Sicile, près de Palerme, en 1548; un autre de 33 pieds, trouvé de même en Sicile en 1550; encore un autre trouvé de même en Sicile près de Mazarino, qui avoit 30 pieds de hauteur.

Malgré tous ces témoignages, je crois qu'on aura bien de la peine à se persuader qu'il ait jamais existé des hommes de 30 ou 36 pieds de hauteur; ce seroit déja bien trop que de ne pas se refuser à croire qu'il y en a eu de 24: cependant les témoignagnes se multiplient, deviennent plus positifs, et vont pour ainsi dire par nuance d'accroissement à mesure que l'on descend. M. Le Cat rapporte que l'on trouva en 1705 près des bords de la rivière Morderi, au pied de la montagne de Crussol, le squelette d'un géant de 22 pieds ½ de hauteur, et que les Dominicains de Valence ont une partie de sa jambe avec l'articulation du genou.

Platerus, médecin célèbre, atteste qu'il a vu à Lucerne le squelette d'un homme de 19 pieds au moins de hauteur.

Le géant Ferragus, tué par Roland, neveu de Charlemagne, avoit 18 pieds de hauteur.

Dans les cavernes sépulcrales de l'île de Ténériffe, on a trouvé le squelette d'un Guanche qui avoit 15 pieds de hauteur, et dont la tête avoit 80 dents. Ces trois faits sont rapportés, comme les précédents, dans le Mémoire de M. Le Cat sur les géants. Il cite encore un squelette, trouvé dans un fossé près du couvent des Dominicains de Rouen, dont le crâne tenoit un boisseau de blé, et dont l'os de la jambe avoit environ 4 pieds de longueur; ce qui donne pour la hauteur du corps entier 17 à 18 pieds. Sur la tombe de ce géant

pointe de l'Asie, il est sûr que depuis ce temps les Russes, quoique très intéressés à cette navigation pour arriver à Kamtschatka, et de là au Japon et à la Chine, l'ont entièrement abandonnée; mais peut-être aussi se sont-ils réservé pour eux seuls la connoissance de cette route autour de cette terre des Tschutschis, qui forme l'extrémité la plus septentrionale et la plus avancée du continent de l'Asie.

Quoi qu'il en soit, toutes les régions septentrionales au-delà du 76e degré, depuis le nord de la Norwège jusqu'à l'extrémité de l'Asie, sont actuellement dénuées d'habitants, à l'exception de quelques malheureux que les Danois et les Russes ont établis pour la pêche, et qui seuls entretiennent un reste de population et de commerce dans ce climat glacé. Les terres du nord, autrefois assez chaudes pour faire multiplier les éléphants et

étoit une inscription gravée, où on lisoit : *Ci-gît noble et puissant seigneur le chevalier Ricon de Valmon et ses os.*

On trouve dans le *Journal littéraire* de l'abbé Nazari que, dans la haute Calabre, au mois de juin 1665, on déterra dans les jardins du seigneur de Tivoli un squelette de 18 pieds romains de longueur; que la tête avoit 2 pieds ½; que chaque dent molaire pesoit environ une once et un tiers, et les autres dents trois quarts d'once, et que ce squelette étoit couché sur une masse de bitume.

Hector Boëtius, dans son *Histoire de l'Écosse,* liv. VII, rapporte que l'on conserve encore quelques os d'un homme, nommé par contre-vérité le *Petit-Jean,* qu'on croit avoir eu 14 pieds de hauteur, c'est-à-dire 13 pieds 2 pouces 6 lignes de France.

On trouve dans le *Journal des Savants,* année 1672, une lettre du P. Gentil, prêtre de l'Oratoire, professeur de philosophie à Angers, où il dit qu'ayant eu avis de la découverte qui s'étoit faite d'un cadavre gigantesque dans le bourg de Lassé, à neuf lieues de cette ville, il fut lui-même sur les lieux pour s'informer du fait. Il apprit que le curé du lieu ayant fait creuser dans son jardin, on avoit trouvé un sépulcre qui renfermoit un corps de 17 pieds 2 pouces de long, qui n'avoit plus de peau. Ce cadavre avoit d'autres corps entre ses bras et ses jambes, qui pouvoient être ses enfants. On trouva dans le même lieu quatorze ou quinze autres sépulcres, les uns de 10 pieds, les autres de 12, et d'autres même de 14 pieds, qui renfermoient des corps de même longueur. Le sépulcre de ce géant resta exposé à l'air pendant plus d'un an; mais comme cela attiroit trop de visites au curé, il l'a fait recouvrir de terre, et planter trois arbres sur la place. Ces sépulcres sont d'une pierre semblable à la craie.

Thomas Molineux a vu, aux écoles de médecine de Leyde, un os frontal humain prodigieux : sa hauteur, prise depuis sa jonction aux os du nez jusqu'à la suture sagittale, étoit de 9 $^1/_{12}$ pouces, sa largeur de 12 $^1/_{10}$

les hippopotames, s'étant déja refroidies au point de ne pouvoir nourrir que des ours blancs et des rennes, seront, dans quelques milliers d'années, entièrement dénuées et désertes par les seuls effets du refroidissement. Il y a même de très fortes raisons qui me portent à croire que la région de notre pôle qui n'a pas été reconnue ne le sera jamais : car ce refroidissement glacial me paroît s'être emparé du pôle jusqu'à la distance de sept ou huit degrés, et il est plus que probable que toute cette plage polaire, autrefois terre ou mer, n'est aujourd'hui que glace; et si cette présomption est fondée, le circuit et l'étendue de ces glaces, loin de diminuer, ne pourra qu'augmenter avec le refroidissement de la terre.

Or si nous considérons ce qui se passe sur les hautes montagnes, même dans nos climats, nous y trouverons une nouvelle preuve démonstrative de la réalité de ce refroidissement, et nous en tirerons en même temps une comparaison qui me paroît frappante. On trouve au-dessus des Alpes, dans une longueur de plus de soixante lieues sur vingt et même trente de largeur en certains endroits, depuis les montagnes de la Savoie

pouces, son épaisseur d'un demi-pouce; c'est-à-dire que chacune de ces dimensions étoit double de la dimension correspondante à l'os frontal, tel qu'il est dans les hommes de taille ordinaire; en sorte que l'homme à qui cet os gigantesque a appartenu étoit probablement une fois plus grand que les hommes ordinaires, c'est-à-dire qu'il avoit 11 pieds de haut. Cet os étoit très certainement un os frontal humain; et il ne paroît pas qu'il eût acquis ce volume par un vice morbifique, car son épaisseur étoit proportionnée à ses autres dimensions, ce qui n'a pas lieu dans les os viciés.

Dans le cabinet de M. Witreu, à Amsterdam, M. Klein dit avoir vu un os frontal d'après lequel il lui parut que l'homme auquel il avoit appartenu avoit 18 pieds 4 pouces de hauteur, c'est-à-dire environ 12 pieds ½ de France.

D'après tous les faits que je viens d'exposer, et ceux que j'ai discutés ci-devant au sujet des Patagons, je laisse à mes lecteurs le même embarras où je suis, pour pouvoir prononcer sur l'existence réelle de ces géants de 24 pieds; je ne puis me persuader qu'en aucun temps et par aucun moyen, aucune circonstance, le corps humain ait pu s'élever à des dimensions aussi démesurées; mais je crois en même temps qu'on ne peut guère douter qu'il n'y ait eu des géants de 10, 12, et peut-être de 15 pieds de hauteur, et qu'il est presque certain que, dans les premiers âges de la nature vivante, il a existé non-seulement des individus gigantesques en grand nombre, mais même quelques races constantes et successives de géants, dont celle des Patagons est la seule qui se soit conservée. (*Add. Buff.*)

et du canton de Berne jusqu'à celles du Tyrol, une étendue immense et presque continue de vallées, de plaines et d'éminences de glaces[1], la plupart sans mélanges d'aucune autre

[1] Voici ce que M. Grouner et quelques autres bons observateurs et témoins oculaires rapportent à ce sujet.

Dans les plus hautes régions des Alpes, les eaux provenant annuellement de la fonte des neiges se gèlent dans tous les aspect et à tous les points de ces montagnes, depuis leur base jusqu'à leur sommet, surtout dans les vallons et sur le penchant de celles qui sont groupées; en sorte que les eaux ont dans ces vallées formé des montagnes qui ont des roches pour noyau, et d'autres montagnes qui sont entièrement de glace, lesquelles ont six, sept à huit lieues d'étendue en longueur, sur une lieue de largeur, et souvent mille à douze cents toises de hauteur : elles rejoignent les autres montagnes par leur sommet. Ces énormes amas de glace gagnent de l'étendue en se prolongeant dans les vallées; en sorte qu'il est démontré que toutes les glacières s'accroissent successivement, quoique, dans les années chaudes et pluvieuses, non-seulement leur progression soit arrêtée, mais même leur masse immense diminuée....

La hauteur de la congélation fixée à 2440 toises sous l'équateur, pour les hautes montagnes isolées, n'est point une règle pour les groupes de montagnes gelées depuis leur base jusqu'à leur sommet; elles ne dégèlent jamais. Dans les Alpes, la hauteur du degré de congélation pour les montagnes isolées est fixée à 1500 toises d'élévation, et toute la partie au-dessous de cette hauteur se dégèle entièrement, tandis que celles qui sont entassées gèlent à une moindre hauteur, et ne dégèlent jamais dans aucun point de leur élévation depuis leur base, tant le degré de froid est augmenté par les masses de matières congelées réunies dans un même espace....

Toutes les montagnes glaciales de la Suisse, réunies, occupent une étendue de 66 lieues du levant au couchant, mesurée en ligne droite, depuis les bornes occidentales du canton de Vallis, vers la Savoie, jusqu'aux bornes orientales du canton de Bendner, vers le Tyrol; ce qui forme une chaîne interrompue, dont plusieurs bras s'étendent du midi au nord sur une longueur d'environ 36 lieues. Le grand Gothard, le Fourk et le Grimsel sont les montagnes les plus élevées de cette partie : elles occupent le centre de ces chaînes qui divisent la Suisse en deux parties; elles sont toujours couvertes de neiges et de glace ce qui leur a fait donner le nom générique de *glacières*.

L'on divise les glacières en montagnes glacées, vallons de glace, champs de glace ou mers glaciales, et en *gletchers* ou amas de glaçons.

Les montagnes glacées sont ces grosses masses de rochers qui s'élèvent jusqu'aux nues, et qui sont toujours couvertes de neige et de glace.

Les vallons de glace sont des enfoncements qui sont beaucoup plus élevés entre les montagnes que les vallons inférieurs; ils sont toujours remplis de neige qui s'y accumule et forme des monceaux de glace qui ont plusieurs lieues d'étendue, et qui rejoignent les hautes montagnes.

Les champs de glace, ou mers glaciales, sont les terrains en pente douce, qui sont dans le circuit des montagnes; ils ne peuvent être appelés vallons, parce qu'ils n'ont pas assez de profondeur : ils sont couverts d'une neige

matière, et presque toutes permanentes, et qui ne fondent jamais en entier. Ces grandes plages de glace, loin de diminuer dans leur circuit, augmentent et s'étendent de plus en plus; elles

épaisse. Ces champs reçoivent l'eau de la fonte des neiges qui descendent des montagnes et qui regèlent : la surface de ces glaces fond et gèle alternativement, et tous ces endroits sont couverts de couches épaisses de neige et de glace.

Les *gletchers* sont des amas de glaçons formés par les glaces et les neiges qui sont précipitées des montagnes : ces neiges se regèlent et s'entassent en différentes manières; ce qui fait qu'on divise les *gletchers* en monts, en revêtements et en murs de glace.

Les monts de glace s'élèvent entre les sommets des hautes montagnes; ils ont eux-mêmes la forme de montagnes; mais il n'entre point de rochers dans leur structure : ils sont composés entièrement de pure glace, qui a quelquefois plusieurs lieues en longueur, une lieue de largeur, et une demi-lieue d'épaisseur.

Les revêtements de glaçons sont formés dans les vallées supérieures et sur les côtés des montagnes, qui sont recouvertes comme des draperies de glaces taillées en pointes; elles versent leurs eaux superflues dans les vallées inférieures.

Les murs de glace sont des revêtements escarpés qui terminent les vallées de glace qui ont une forme aplatie, et qui paroissent de loin comme des mers agitées, dont les flots ont été saisis et glacés dans le moment de leur agitation. Ces murs ne sont point hérissés de pointes de glace; souvent ils forment des colonnes, des pyramides et des tours énormes par leur hauteur et leur grosseur, taillées à plusieurs faces, quelquefois hexagones et de couleur bleue ou vert céladon.

Il se forme aussi sur les côtés et au pied des montagnes, des amas de neige qui sont ensuite arrosés par l'eau des neiges fondues et recouvertes de nouvelles neiges. L'on voit aussi des glaçons qui s'accumulent en tas, qui ne tiennent ni aux vallons ni aux monts de glace; leur position est ou horizontale ou inclinée : tous ces amas détachés se nomment *lits* ou *couches de glaces*....

La chaleur intérieure de la terre mine plusieurs de ces montagnes de glace par-dessous, et y entretient des courants d'eau qui fondent leurs surfaces inférieures; alors les masses s'affaissent insensiblement par leur propre poids, et leur hauteur est réparée par les eaux, les neiges et les glaces qui viennent successivement les recouvrir : ces affaissements occasionent souvent des craquements horribles; les crevasses qui s'ouvrent dans l'épaisseur des glaces forment des précipices aussi fâcheux qu'ils sont multipliés. Ces abîmes sont d'autant plus perfides et funestes, qu'ils sont ordinairement recouverts de neige : les voyageurs, les curieux et les chasseurs qui courent les daims, les chamois, les bouquetins, ou qui font la recherche des mines de cristal, sont souvent engloutis dans les gouffres, et rejetés sur la surface par les flots qui s'élèvent du fond de ces abîmes.

Les pluies douces fondent promptement les neiges : mais toutes les eaux qui en proviennent ne se précipitent pas dans les abîmes inférieurs par les cre-

gagnent de l'espace sur les terres voisines les plus basses : ce fait est démontré par les cimes des grands arbres, et même par une pointe de clocher, qui sont enveloppés dans ces

vasses : une grande partie se regèle, et, tombant sur la surface des glaces, en augmente le volume.

Les vents chauds du midi, qui règnent ordinairement dans le mois de mai, sont les agents les plus puissants qui détruisent les neiges et les glaces; alors leur fonte, annoncée par le bruissement des lacs glacés et par le fracas épouvantable des pierres et des glaces qui se précipitent confusément du haut des montagnes, porte de toutes parts dans les vallées inférieures les eaux des torrents, qui tombent du haut des rochers de plus de 1200 pieds de hauteur.

Le soleil n'a que peu de prise sur les neiges et sur les glaces pour en opérer la fonte. L'expérience a prouvé que ces glaces formées pendant un laps de temps très long, sous des fardeaux énormes, dans un degré de froid si multiplié et d'eau si pure; que ces glaces, dis-je, étoient d'une matière si dense et si purgée d'air, que de petits glaçons exposés au soleil le plus ardent dans la plaine, pendant un jour entier, s'y fondoient à peine.

Quoique la masse de ces glacières fonde en partie tous les ans dans les trois mois de l'été; que les pluies, les vents et la chaleur, plus actifs dans certaines années, détruisent les progrès que les glaces ont faits pendant plusieurs autres années, cependant il est prouvé que *ces glacières prennent un accroissement constant, et qu'elles s'étendent;* les annales du pays le prouvent; des actes authentiques le démontrent, la tradition est invariable sur ce sujet. Indépendamment de ces autorités et des observations journalières, cette progression des glacières est prouvée par des *forêts de mélèzes qui ont été absorbées par les glaces, et dont la cime de quelques-uns de ces arbres surpasse encore la surface des glacières;* ce sont des témoins irréprochables qui attestent le progrès des glacières, ainsi que *le haut des clochers d'un village* qui a été englouti sous les neiges, et que l'on aperçoit lorsqu'il se fait des fontes extraordinaires. Cette progression des glacières ne peut avoir d'autre cause que l'augmentation de l'intensité du froid, qui s'accroît dans les montagnes glacées en raison des masses de glaces; et il est prouvé que, dans les glacières de Suisse, le froid est aujourd'hui plus vif, mais moins long que dans l'Islande, dont les glacières, ainsi que celles de Norwège, ont beaucoup de rapport avec celles de la Suisse.

Le massif des montagnes glacées de la Suisse est composé comme celui de toutes les hautes montagnes : le noyau est une roche vitreuse qui s'étend jusqu'à leur sommet; la partie au-dessous, à commencer du point où elles ont été couvertes des eaux de la mer, est composée en revêtement de pierre calcaire, ainsi que tout le massif des montagnes d'un ordre inférieur qui sont groupées sur la base des montagnes primitives de ces glacières; enfin ces masses calcaires ont pour base des schistes produits par le dépôt du limon des eaux.

Les masses vitreuses sont des rocs vifs, des granites, des quartz; leurs fentes sont remplies de métaux, de demi-métaux, de substances minérales et de cristaux.

Les masses calcinables sont des pierres à chaux, des marbres de toutes les

masses de glaces, et qui ne paroissent que dans certains étés très chauds; pendant lesquels ces glaces diminuent de quelques pieds de hauteur; mais la masse intérieure, qui, dans certains endroits, est épaisse de cent toises, ne s'est pas fondue de mémoire d'homme. Il est donc évident que ces forêts et ce clocher enfouis dans ces glaces épaisses et permanentes étoient ci-devant situés dans des terres découvertes, habitées, et par conséquent moins refroidies qu'elles ne le sont aujourd'hui; il est de même très certain que cette augmentation successive de glace ne peut être attribuée à l'augmentation de la quantité de vapeurs aqueuses, puisque tous les sommets des montagnes qui surmontent ces glacières ne sont point élevés, et se sont au contraire abaissés avec le temps et par la chute d'une infinité de rochers et de masses en débris, qui ont roulé soit au fond des glacières, soit dans les vallées inférieures. Dès-lors l'agrandissement de ces contrées de glace est déjà, et sera dans la suite la preuve la plus palpable du refroidissement successif de la terre, duquel il est plus aisé de saisir les degrés

espèces en couleurs et variétés, des craies, des gypses, des spaths et des albâtres, etc.

Les masses schisteuses sont des ardoises de différentes qualités et couleurs, qui contiennent des plantes et des poissons, et qui sont souvent posées à des hauteurs assez considérables : leur lit n'est pas toujours horizontal; il est souvent incliné, même sinueux, et perpendiculaire en quelques endroits.

L'on ne peut révoquer en doute l'ancien séjour des eaux de la mer sur les montagnes qui forment aujourd'hui ces glacières; l'immense quantité de coquilles qu'on y trouve l'atteste, ainsi que les ardoises et les autres pierres de ce genre. Les coquilles y sont ou distribuées par familles, ou bien elles sont mêlées les unes avec les autres, et l'on y en trouve à de très grandes hauteurs.

Il y a lieu de penser que ces montagnes n'ont pas formé des glacières continues dans la haute antiquité, pas même depuis que les eaux de la mer les ont abandonnées, quoiqu'il paroisse, par leur très grand éloignement des mers, qui est de près de cent lieues, et par leur excessive hauteur, qu'elles ont été les premières qui sont sorties des eaux sur les continents de l'Europe. Elles ont eu anciennement leurs volcans; il paroît que le dernier qui s'est éteint étoit celui de la montagne de Myssenberg, dans le canton de Schwitz : ces deux principaux sommets, qui sont très hauts et isolés, sont terminés coniquement, comme toutes les bouches de volcan; et l'on voit encore le cratère de l'un de ces cônes, qui est creusé à une très grande profondeur.

M. Bourrit, qui eut le courage de faire un grand nombre de courses dans les glacières de Savoie, dit « qu'on ne peut douter de l'accroissement de toutes les glacières des Alpes; que la quantité de neige qui y est tombée pendant les

dans ces pointes avancées du globe que partout ailleurs : si l'on continue donc d'observer les progrès de ces glacières permanentes des Alpes, on saura, dans quelques siècles, combien il faut d'années pour que le froid glacial s'empare d'une terre actuellement habitée, et de là on pourra conclure si j'ai compté trop ou trop peu de temps pour le refroidissement du globe.

Maintenant, si nous transportons cette idée sur la région du pôle, nous nous persuaderons aisément que non-seulement elle est entièrement glacée, mais même que le circuit et l'étendue de ces glaces augmente de siècle en siècle, et continuera d'augmenter avec le refroidissement du globe. Les terres du Spitzberg, quoiqu'à 10 degrés du pôle, sont presque entièrement glacées, même en été : et par les nouvelles tentatives que l'on a faites pour approcher du pôle de plus près, il paroît que l'on n'a trouvé que des glaces, que je regarde comme des appendices de la grande glacière qui couvre cette région tout entière depuis le pôle jusqu'à 7 ou 8 de-

hivers l'a emporté sur la quantité fondue pendant les étés ; que non-seulement la même cause subsiste, mais que ces amas de glace déja formés doivent l'augmenter toujours plus, puisqu'il en résulte et plus de neige et moins de fonte... Ainsi il n'y a pas de doute que les glacières n'aillent en augmentant, et même dans une progression croissante. »

Cet observateur infatigable a fait un grand nombre de courses dans les glacières ; et en parlant de celles du *Glatchers* ou glacières des *Bossons*, il dit « qu'il paroît s'augmenter tous les jours ; que le sol qu'il occupe présentement étoit, il y a quelques années, un champ cultivé, et que les glaces augmentent encore tous les jours. Il rapporte que l'accroissement des glaces paroît démontré non-seulement dans cet endroit, mais dans plusieurs autres ; que l'on a encore le souvenir d'une communication qu'il y avoit autrefois de Chamouni à la Val-d'Aost, et que les glaces l'ont absolument fermée ; que les glaces en général doivent s'être accrues en s'étendant d'abord de sommité en sommité, et ensuite de vallée en vallée, et que c'est ainsi que s'est faite la communication des glaces du Mont-Blanc avec celles des autres montagnes des glacières du Valais et de la Suisse. Il paroît, dit-il ailleurs, que tous ces pays de montagnes n'étoient pas anciennement aussi remplis de neiges et de glaces qu'ils le sont aujourd'hui... L'on ne date que depuis quelques siècles les désastres arrivés par l'accroissement des neiges et des glaces, par leur accumulation dans plusieurs vallées, par la chute des montagnes elles-mêmes et des rochers : ce sont ces accidents presque continuels et cette augmentation annuelle des glaces qui peuvent seuls rendre raison de ce que l'on sait de l'histoire de ce pays touchant le peuple qui l'habitoit anciennement. » (*Add. Buff.*)

grés de distance. Les glaces immenses reconnues par le capitaine Phipps à 80 et 81 degrés, et qui partout l'ont empêché d'avancer plus loin, semblent prouver la vérité de ce fait important; car l'on ne doit pas présumer qu'il y ait sous le pôle des sources et des fleuves d'eau douce qui puissent produire et menera ces glaces, puisqu'en toutes saisons ces fleuves seroient glacés. Il paroît donc que les glaces qui ont empêché ce navigateur intrépide de pénétrer au-delà du 82ᵉ degré, sur une longueur de plus de 24 degrés de longitude; il paroît, dis-je, que ces glaces continues forment une partie de la circonférence de l'immense glacière de notre pôle, produite par le refroidissement successif du globe; et si l'on veut supputer la surface de cette zone glacée, depuis le pôle jusqu'au 82ᵉ degré de latitude, on verra qu'elle est de plus de cent trente mille lieues carrées, et que par conséquent voilà déja la deux centième partie du globe envahie par le refroidissement et anéantie pour la nature vivante; et comme le froid est plus grand dans les régions du pôle austral, l'on doit présumer que l'envahissement des glaces y est aussi plus grand, puisqu'on en rencontre dans quelques-unes de ces plages australes dès le 47ᵉ degré. Mais pour ne considérer ici que notre hémisphère boréal, dont nous présumons que la glace a déja envahi la centième partie, c'est-à-dire toute la surface de la portion de sphère qui s'étend depuis le pôle jusqu'à 8 degrés ou deux cents lieues de distance, l'on sent bien que s'il étoit possible de déterminer le temps où ces glaces ont commencé de s'établir sur le point du pôle, et ensuite le temps de la progression successive de leur envahissement jusqu'à deux cents lieues, on pourroit en déduire celui de leur progression à venir, et connoître d'avance quelle sera la durée de la nature vivante dans tous les climats jusqu'à celui de l'équateur. Par exemple, si nous supposons qu'il y ait mille ans que la glace permanente a commencé de s'établir sous le point du même pôle, et que, dans la succession de ce millier d'années, les glaces se soient étendues autour de ce point jusqu'à deux cents lieues, ce qui fait la centième partie de la surface de l'hémisphère depuis l'équa-

teur, on peut présumer qu'il s'écoulera encore quatre-vingt-dix-neuf mille ans avant qu'elles puissent l'envahir dans toute cette étendue, en supposant uniforme la progression du froid glacial, comme l'est celle du refroidissement du globe; et ceci s'accorde assez avec la durée de quatre-vingt-treize mille ans que nous avons donnée à la nature vivante, à dater de ce jour, et que nous avons déduite de la seule loi du refroidissement. Quoi qu'il en soit, il est certain que les glaces se présentent de tous côtés, à 8 degrés du pôle, comme des barrières et des obstacles insurmontables; car le capitaine Phipps a parcouru plus de la quinzième partie de cette circonférence vers le nord-est; et avant lui, Baffin et Smith en avoient reconnu tout autant vers le nord-ouest, et partout ils n'ont trouvé que glace. Je suis donc persuadé que si quelques autres navigateurs aussi courageux entreprennent de reconnaître le reste de cette circonférence, ils la trouveront de même bornée partout par des glaces qu'ils ne pourront pénétrer ni franchir, et que par conséquent cette région du pôle est entièrement et à jamais perdue pour nous. La brume continuelle qui couvre ces climats, et qui n'est que de la neige glacée dans l'air, s'arrêtant ainsi que toutes les autres vapeurs contre les parois de ces côtes de glaces, elle y forme de nouvelles couches et d'autres glaces, qui augmentent incessamment et s'étendront toujours de plus en plus, à mesure que le globe se refroidira davantage.

Au reste, la surface de l'hémisphère boréal présentant beaucoup plus de terre que celle de l'hémisphère austral, cette différence suffit, indépendamment des autres causes ci-devant indiquées, pour que ce dernier hémisphère soit plus froid que le premier : aussi trouve-t-on des glaces dès le 47 ou 50e degré dans les mers australes, au lieu qu'on n'en rencontre qu'à 20 degrés plus loin dans l'hémisphère boréal. On voit d'ailleurs que, sous notre cercle polaire, il y a moitié plus de terre que d'eau, tandis que tout est mer sous le cercle antarctique : l'on voit qu'entre notre cercle polaire et le tropique du Cancer il y a plus de deux tiers de terre sur un tiers de mer; au lieu

qu'entre le cercle polaire antarctique et le tropique du Capricorne il y a peut-être quinze fois plus de mer que de terre. Cet hémisphère austral a donc été de tout temps, comme il l'est encore aujourd'hui, beaucoup plus aqueux et plus froid que le nôtre; et il n'y a pas d'apparence que passé le 50e degré l'on y trouve jamais des terres heureuses et tempérées. Il est donc presque certain que les glaces ont envahi une plus grande étendue sous le pôle antarctique, et que leur circonférence s'étend peut-être beaucoup plus loin que celle des glaces du pôle arctique. Ces immenses glacières des deux pôles, produites par le refroidissement, iront comme la glacière des Alpes toujours en augmentant. La postérité ne tardera pas à le savoir, et nous nous croyons fondés à le présumer d'après notre théorie, et d'après les faits que nous venons d'exposer, auxquels nous devons ajouter celui des glaces permanentes qui se sont formées depuis quelques siècles contre la côte orientale du Groenland; on peut encore y joindre l'augmentation des glaces près de la Nouvelle-Zemble, dans le détroit de Waigats, dont le passage est devenu plus difficile et presque impraticable; et enfin l'impossibilité où l'on est de parcourir la mer Glaciale au nord de l'Asie; car, malgré ce qu'en ont dit les Russes, il est très douteux que les côtes de cette mer les plus avancées vers le nord aient été reconnues, et qu'ils aient fait le tour de la pointe septentrionale de l'Asie [1].

[1] M. Engel, qui regarde comme impossible le passage au nord-ouest par les baies d'Hudson et de Baffin, paroît au contraire persuadé qu'on trouvera un passage plus court et plus sûr par le nord-est; et il ajoute, aux raisons assez foibles qu'il en donne, un passage de M. Gmelin, qui, parlant des tentatives faites par les Russes pour trouver ce passage au nord-est, dit que « la manière dont on a procédé à ces découvertes fera en son temps le « sujet du plus grand étonnement de tout le monde, lorsqu'on en aura la « relation authentique; ce qui dépend uniquement, ajoute-t-il, de la haute « volonté de l'impératrice. » « Quel sera donc, dit M. Engel, ce sujet d'étonnement, si ce n'est d'apprendre que le passage regardé jusqu'à présent comme impossible est très praticable? Voilà le seul fait, ajoute-t-il, qui puisse surprendre ceux qu'on a tâché d'effrayer par des relations publiées à dessein de rebuter les navigateurs, etc. »

Je remarque d'abord qu'il faudroit être bien assuré des choses avant de faire à la nation russe cette imputation. En second lieu, elle me paroît

Nous voilà, comme je me le suis proposé, descendus du sommet de l'échelle du temps jusqu'à des siècles assez voisins du nôtre; nous avons passé du chaos à la lumière, de l'incandescence du globe à son premier refroidissement, et cette période de temps a été de vingt-cinq mille ans. Le second degré de refroidissement a permis la chute des eaux, et a produit

mal fondée, et les paroles de M. Gmelin pourroient bien signifier tout le contraire de l'interprétation que leur donne M. Engel, c'est-à-dire qu'on sera fort étonné lorsque l'on saura qu'il n'existe point de passage praticable au nord-est; et ce qui me confirme dans cette opinion, indépendamment des raisons générales que j'en ai données, c'est que les Russes eux-mêmes n'ont nouvellement tenté des découvertes qu'en remontant de Kamtschatka et point du tout en descendant de la pointe de l'Asie. Les capitaines Behring et Tschirikow ont, en 1741, reconnu des parties de côtes de l'Amérique jusqu'au 59° degré; et ni l'un ni l'autre ne sont venus par la mer du Nord le long des côtes de l'Asie : cela prouve assez que le passage n'est pas aussi praticable que le suppose M. Engel; ou, pour mieux dire, cela prouve que les Russes savent qu'il n'est pas praticable, sans quoi ils eussent préféré d'envoyer leurs navigateurs par cette route, plutôt que de les faire partir de Kamtschatka pour faire la decouverte de l'Amérique occidentale.

M. Muller, envoyé avec M. Gmelin par l'impératrice en Sibérie, est d'un avis bien différent de M. Engel : après avoir comparé toutes les relations, M. Muller conclut par dire qu'il n'y a qu'une très petite séparation entre l'Asie et l'Amérique, et que ce détroit offre une ou plusieurs îles qui servent de route ou de stations communes aux habitants des deux continents. Je crois cette opinion bien fondée, et M. Muller rassemble un grand nombre de faits pour l'appuyer. Dans les demeures souterraines des habitants de l'île Karaga, on voit des poutres faites de grands arbres de sapin, que cette île ne produit point, non plus que les terres de Kamtschatka, dont elle est très voisine : les habitants disent que ce bois leur vient par un vent d'est qui l'amène sur leurs côtes. Celles de Kamtschatka reçoivent, du même côté, des glaces que la mer orientale y pousse en hiver deux à trois jours de suite : on y voit en certains temps des vols d'oiseaux, qui, après un séjour de quelques mois, retournent à l'est, d'où ils étoient arrivés. Le continent opposé à celui de l'Asie vers le nord descend donc jusqu'à la latitude de Kamtschatka : ce continent doit être celui de l'Amérique occidentale. M. Muller, après avoir donné le précis de cinq ou six voyages tentés par la mer du Nord pour doubler la pointe septentrionale de l'Asie, finit par dire que tout annonce l'impossibilité de cette navigation; et il le prouve par les raisons suivantes : cette navigation devrait se faire dans un été; or l'intervalle depuis Archangel à l'Oby, et de ce fleuve au Jéniséik, demande une belle saison tout entière. Le passage du Waigats a coûté des peines infinies aux Anglois et aux Hollandois : au sortir de ce détroit glacial, on rencontre des îles qui ferment le chemin; ensuite le continent qui forme un cap entre les fleuves Piasida et Chatanga, s'avançant au-delà du 76e degré de latitude, est de même bordé d'une chaîne d'îles qui laissent difficilement un passage à la navigation. Si

la dépuration de l'atmosphère, depuis vingt-cinq à trente mille ans. Dans la troisième époque s'est fait l'établissement de la mer universelle, la production des premiers coquillages et des premiers végétaux, la construction de la surface de la terre par lits horizontaux, ouvrage de quinze ou vingt autres milliers d'années. Sur la fin de la troisième époque et au commen-

l'on veut s'éloigner des côtes et gagner la haute mer vers le pôle, les montagnes de glaces presque immobiles qu'on trouve au Groenland et au Spitzberg n'annoncent-elles pas une continuité de glaces jusqu'au pôle? Si l'on veut longer les côtes, *cette navigation est moins aisée qu'elle ne l'étoit il y a cent ans;* l'eau de l'Océan y a diminué insensiblement : on voit encore loin des bords que baigne la mer Glaciale les bois qu'elle a jetés sur des terres qui jadis lui servoient de rivage; ces bords y sont si peu profonds, qu'on ne pourrait y employer que des bateaux très plats, qui, trop foibles pour résister aux glaces, ne sauroient fournir une longue navigation, ni se charger des provisions qu'elle exige. Quoique les Russes aient des ressources et des moyens que n'ont pas la plupart des autres nations européennes pour fréquenter ces mers froides, on voit que les voyages tentés sur la mer Glaciale n'ont pas encore ouvert une route de l'Europe et de l'Asie à l'Amérique; et ce n'est qu'en partant de Kamtschatka, ou d'un autre point de l'Asie la plus orientale, qu'on a découvert quelques côtes de l'Amérique occidentale.

Le capitaine Behring partit du port d'Awatscha en Kamtschatka le 4 juin 1741. Après avoir couru au sud-est, et remonté au nord-est, il aperçut, le 18 du mois suivant, le continent de l'Amérique à 58 degrés 28' de latitude; deux jours après, il mouilla près d'une île enfoncée dans une baie; de là, voyant deux caps, il appela l'un à l'orient *Saint-Élie*, et l'autre au couchant *Saint-Hermogène*; ensuite il dépêcha Chitrou, l'un de ses officiers, pour reconnoître et visiter le golfe où il venoit d'entrer. On le trouva coupé ou parsemé d'îles : une entre autres offrit des cabanes désertes; elles étoient de planches bien unies et même échancrées. On conjectura que cette île pouvoit avoir été habitée par quelques peuples du continent de l'Amérique. M. Steller, envoyé pour faire des observations sur ces terres nouvellement découvertes, trouva une cave où l'on avoit mis une provision de saumon fumé, et laissé des cordes, des meubles et des ustensiles : plus loin, il vit fuir des Américains à son aspect. Bientôt on aperçut du feu sur une colline assez éloignée : les sauvages sans doute s'y étoient retirés; un rocher escarpé y couvrait leur retraite.

D'après l'exposé de ces faits, il est aisé de juger que ce ne sera jamais qu'en partant de Kamtschatka que les Russes pourront faire le commerce de la Chine et du Japon, et qu'il leur est aussi difficile, pour ne pas dire impossible, qu'aux autres nations de l'Europe de passer par les mers du nord-ouest, dont la plus grande partie est entièrement glacée : je ne crains donc pas de répéter que le seul passage possible est par le nord-ouest, au fond de la baie d'Hudson, et que c'est l'endroit auquel les navigateurs doivent s'attacher pour trouver ce passage si désiré et si évidemment utile.

Comme j'avois déjà livré à l'impression toutes les feuilles précédentes de

cement de la quatrième s'est faite la retraite des eaux; les courants de la mer ont creusé nos vallons, et les feux souterrains ont commencé de ravager la terre par leurs explosions. Tous ces derniers mouvements ont duré dix mille ans de plus; et en somme totale ces grands événements, ces opérations et ces constructions supposent au moins une succession de soixante

ce volume, j'ai reçu de la part de M. le comte de Schouvaloff, ce grand homme d'état que toute l'Europe estime et respecte; j'ai reçu, dis-je, en date du 27 octobre 1777, un excellent mémoire composé par M. de Domascheneff, président de la société impériale de Pétersbourg, et auquel l'impératrice a confié, à juste titre, le département de tout ce qui a rapport aux sciences et aux arts. Cet illustre savant m'a en même temps envoyé une copie faite à la main de la carte du pilote Otcheredin, dans laquelle sont représentées les routes et les découvertes qu'il a faites, en 1770 et 1773, entre Kamtschatka et le continent de l'Amérique. M. de Domascheneff observe dans son mémoire que cette carte du pilote Otcheredin est la plus exacte de toutes, et que celle qui a été donnée en 1773 par l'Académie de Pétersbourg doit être réformée en plusieurs points, et notamment sur la position des îles et le prétendu archipel qu'on y a représenté entre les îles Aleutes ou Aléoutes et celle d'Anadir, autrement appelées îles d'Andrien. La carte du pilote Otcheredin semble démontrer en effet que ces deux groupes des îles Aleutes et des îles Andrien sont séparés par une mer libre de plus de cent lieues d'étendue. M. de Domascheneff assure que la grande carte générale de l'empire de Russie, qu'on vient de publier cette année 1777, représente exactement les côtes de toute l'extrémité septentrionale de l'Asie habitée par les Tschutschis. Il dit que cette carte a été dressée d'après les connoissances les plus récentes acquises par la dernière expédition du major Pawluzki contre ce peuple. « Cette côte, dit M. de Domascheneff, termine la grande chaîne de montagnes, laquelle sépare toute la Sibérie de l'Asie méridionale, et finit en se partageant entre la chaîne qui parcourt Kamtschatka et celles qui remplissent toutes les terres entre les fleuves qui coulent à l'est du Lena. Les îles reconnues entre les côtes de Kamtschatka et celles de l'Amérique sont montagneuses, ainsi que les côtes de Kamtschatka et celles du continent de l'Amérique : il y a donc une continuation bien marquée entre les chaînes de montagnes et ces deux continents, dont les interruptions, jadis peut-être moins considérables, peuvent avoir été élargies par le dépérissement de la roche, par les courants continuels qui entrent de la mer Glaciale vers la grande mer du Sud, et par les catastrophes du globe. »

Mais cette chaîne sous-marine qui joint les terres de Kamtschatka avec celles de l'Amérique est plus méridionale de 7 ou 8 degrés que celle des îles Anadir ou Andrien, qui, de temps immémorial, ont servi de passage aux Tschutschis pour aller en Amérique.

M. de Domascheneff dit qu'il est certain que cette traversée de la pointe de l'Asie au continent de l'Amérique se fait à la rame, et que ces peuples y vont trafiquer des ferrailles russes avec les Américains; que les îles qui sont sur ce passage sont si fréquentes, qu'on peut coucher toutes les nuits

mille années, après quoi la nature, dans son premier moment de repos, a donné ses productions les plus nobles; la cinquième époque nous présente la naissance des animaux terrestres. Il est vrai que ce repos n'étoit pas absolu; la terre n'étoit pas encore tout-à-fait tranquille, puisque ce n'est qu'après la naissance des premiers animaux terrestres que s'est faite la sépa-

à terre, et que le continent de l'Amérique où les Tschutschis commercent est montagneux et couvert de forêts peuplées de renards, de martres et de zibelines, dont ils rapportent des fourrures de qualités et de couleurs toutes différentes de celles de Sibérie. Ces îles septentrionales situées entre les deux continents ne sont guère connues que des Tschutschis; elles forment une chaîne entre la pointe la plus orientale de l'Asie et le continent de l'Amérique, sous le 64e degré: et cette chaîne est séparée par une mer ouverte de la seconde chaîne plus méridionale dont nous venons de parler, située sous le 56e degré entre Kamtschatka et l'Amérique : ce sont les îles de cette seconde chaîne que les Russes et les habitants de Kamtschatka fréquentent pour la chasse des loutres marines et des renards noirs, dont les fourrures sont très précieuses. On avoit connoissance de ces îles, même des plus orientales dans cette dernière chaîne, avant l'année 1750: l'une de ces îles porte le nom du commandeur *Behring*, une autre assez voisine s'appelle l'*île Medenoi;* ensuite on trouve les quatre îles Aleutes ou Aléoutes, les deux premières situées un peu au-dessus et les dernières un peu au-dessous du 55e degré; ensuite on trouve environ au 56e degré les îles Atkou et Amlaïgh, qui sont les premières de la chaîne des îles aux Renards, laquelle s'étend vers le nord-est jusqu'au 61e degré de latitude : le nom de ces îles est venu du nombre prodigieux de renards qu'on y a trouvés. Les deux îles du commandeur Behring et de Medenoi étoient inhabitées lorsqu'on en fit la découverte : mais on a trouvé dans les îles Aleutes, quoique plus avancées vers l'orient, plus d'une soixantaine de familles dont la langue ne se rapporte ni à celle de Kamtschatka ni à aucune de celles de l'Asie orientale, et n'est qu'un dialecte de la langue qu'on parle dans les autres îles voisines de l'Amérique, ce qui sembleroit indiquer qu'elles ont été peuplées par les Américains, et non par les Asiatiques.

Les îles nommées par l'équipage de Behring l'*île Saint-Julien*, *Saint-Théodore*, *Saint-Abraham*, sont les mêmes que celles qu'on appelle aujourd'hui les *îles Aleutes;* et de même l'île de Chommaghin, de Saint-Dolmat, indiquées par ce navigateur, font partie de celles qu'on appelle *îles aux Renards*.

« La grande distance, dit M. de Domascheneff, et la mer ouverte et profonde qui se trouve entre les îles Aleutes et les îles aux Renards, jointes au gisement différent de ces dernières, peuvent faire présumer que ces îles ne forment pas une chaîne marine continue; mais que les premières, avec celles de Medenoi et de Behring, font une chaîne marine qui vient de Kamtschatka, et que les îles aux Renards en représentent une autre issue de l'Amérique; que l'une et l'autre de ces chaînes vont généralement se perdre dans la profondeur de la grande mer, et sont des promontoires des deux

ration des continents, et que sont arrivés les grands changements que je viens d'exposer dans cette sixième époque.

Au reste, j'ai fait ce que j'ai pu pour proportionner dans chacune de ces périodes la durée du temps à la grandeur des ouvrages; j'ai tâché, d'après mes hypothèses, de tracer le tableau successif des grandes révolutions de la nature, sans

continents. La suite des îles aux Renards, dont quelques-unes sont d'une grande étendue, est entremêlée d'écueils et de brisants, et se continue sans interruption jusqu'au continent de l'Amérique; mais celles qui sont les plus voisines de ce continent sont très peu fréquentées par les barques des chasseurs russes, parce qu'elles sont fort peuplées, et qu'il seroit dangereux d'y séjourner. Il y a plusieurs de ces îles voisines de la terre-ferme de l'Amérique, qui ne sont pas encore bien reconnues. Quelques navires ont cependant pénétré jusqu'à l'île de Kadjak, qui est très voisine du continent de l'Amérique; l'on en est assuré tant sur le rapport des insulaires que par d'autres raisons : une de ces raisons est qu'au lieu que toutes les îles plus occidentales ne produisent que des arbrisseaux rabougris et rampants, que les vents de pleine mer empêchent de s'élever; l'île de Kadjak, au contraire, et les petites îles voisines, produisent des bosquets d'aunes, qui semblent indiquer qu'elles se trouvent moins à découvert, et qu'elles sont garanties au nord et à l'est par un continent voisin. De plus on y a trouvé des loutres d'eau douce qui ne se voient point aux autres îles, de même qu'une petite espèce de marmotte, qui paroît être la marmotte du Canada, enfin l'on y a remarqué des traces d'ours et de loups, et les habitants sont vêtus de peaux de rennes qui leur viennent du continent de l'Amérique, dont ils sont très voisins.

On voit, par la relation d'un voyage poussé jusqu'à l'île de Kadjak, sous la conduite d'un certain Géottof, que les insulaires nomment *Atakthan* le continent de l'Amérique : ils disent que cette grande terre est montagneuse et toute couverte de forêts; ils placent cette grande terre au nord de leur île, et nomment l'embouchure d'un grand fleuve, *Alaghschak*, qui s'y trouve... D'autre part, l'on ne sauroit douter que Behring, aussi bien que Tschiricow, n'ait effectivement touché à ce grand continent, puisqu'au cap Élie, où sa frégate mouilla, l'on vit des bords de la mer le terrain s'élever en montagne continue et toute revêtue d'épaisses forêts : le terrain y étoit d'une nature toute différente de celui de Kamtschatka; nombre de plantes américaines y furent recueillies par Steller. »

M. de Domascheneff observe de plus que toutes les îles aux Renards, ainsi que les îles Aleutes et celle de Behring, sont montagneuses; que leurs côtes sont, pour la plupart, hérissées de rochers, coupées par des précipices, et environnées d'écueils jusqu'à une assez grande distance; que le terrain s'élève depuis les côtes jusqu'au milieu de ces îles en montagnes fort roides, qui forment de petites chaînes dans le sens de la longueur de chaque île; au reste, il y a eu et il y a encore des volcans dans plusieurs de ces îles, et celles où ces volcans sont éteints ont des sources d'eau chaude. On ne trouve point de métaux dans ces îles à volcans, mais seulement des calcédoines et

néanmoins avoir prétendu la saisir à son origine, et encore moins l'avoir embrassée dans toute son étendue; et mes hypothèses fussent-elles contestées, et mon tableau ne fût-il qu'une esquisse très imparfaite de celui de la nature, je suis convaincu

quelques autres pierres colorées, de peu de valeur. On n'a d'autres bois dans ces îles que les tiges ou branches d'arbres flottées par la mer, et qui n'y arrivent pas en grande quantité; il s'en trouve plus sur l'île Behring et sur les Aleutes : il paroît que ces bois flottés viennent, pour la plupart, des plages méridionales; car on y a observé le bois de camphre du Japon.

Les habitants de ces îles sont assez nombreux; mais, comme ils mènent une vie errante, se transportant d'une île à l'autre, il n'est pas possible de fixer leur nombre. On a généralement observé que plus les îles sont grandes, plus elles sont voisines de l'Amérique, et plus elles sont peuplées. Il paroît aussi que tous les insulaires des îles aux Renards sont d'une même nation, à laquelle les habitants des Aleutes et des îles d'Andrien peuvent aussi se rapporter, quoiqu'ils en diffèrent par quelques coutumes. Tout ce peuple a une très grande ressemblance pour les mœurs, la façon de vivre et de se nourrir, avec les Esquimaux et les Groenlandois. Le nom de *Kanaghist*, dont ces insulaires s'appellent dans leur langue, peut-être corrompu par les marins, est encore très ressemblant à celui de *Karalit*, dont les Esquimaux et leurs frères les Groenlandois se nomment. On n'a trouvé aux habitants de toutes ces îles, entre l'Asie et l'Amérique, d'autres outils que des haches de pierre, des cailloux taillés en scalpel, et des omoplates d'animaux aiguisées pour couper l'herbe; ils ont aussi des dards, qu'ils lancent de la main à l'aide d'une palette, et desquels la pointe est armée d'un caillou pointu et artistement taillé : aujourd'hui ils ont beaucoup de ferrailles volées ou enlevées aux Russes. Ils font des canots et des espèces de pirogues comme les Esquimaux : il y en a d'assez grandes pour contenir vingt personnes; la charpente en est de bois léger, recouvert partout de peaux de phoques et d'autres animaux marins.

Il paroît par tous ces faits, que de temps immémorial les Tschutschis qui habitent la pointe la plus orientale de l'Asie, entre le 55e et le 70e degré, ont eu commerce avec les Américains, et que ce commerce étoit d'autant plus facile pour ces peuples accoutumés à la rigueur du froid, que l'on peut faire le voyage, qui n'est peut-être pas de cent lieues, en se reposant tous les jours d'île en île, et dans de simples canots, conduits à la rame en été, et peut-être sur la glace en hiver. L'Amérique a donc pu être peuplée par l'Asie sous ce parallèle; et tout semble indiquer que, quoiqu'il y ait aujourd'hui des interruptions de mer entre les terres de ces îles, elles ne faisoient autrefois qu'un même continent, par lequel l'Amérique étoit jointe à l'Asie : cela semble indiquer aussi qu'au-delà de ces îles Anadir ou Andrien, c'est-à-dire entre le 70e et le 75e degré, les deux continents sont absolument réunis par un terrain où il ne se trouve plus de mer, mais qui est peut-être entièrement couvert de glace. La reconnoissance de ces plages au-delà du 70e degré est une entreprise digne de l'attention de la grande souveraine de la Russie, et il faudroit la confier à un navigateur aussi courageux que M. Phipps. Je

que tous ceux qui de bonne foi voudront examiner cette esquisse et la comparer avec le modèle trouveront assez de ressemblance pour pouvoir au moins satisfaire leurs yeux et fixer leurs idées sur les plus grands objets de la philosophie naturelle.

suis bien persuadé qu'on trouveroit les deux continents réunis : et s'il en est autrement, et qu'il y ait une mer ouverte au-delà des îles Andrien, il me paroît certain qu'on trouveroit les appendices de la grande glacière du pôle à 81 ou 82 degrés, comme M. Phipps les a trouvés à la même hauteur entre le Spitzberg et le Groenland. (*Add. Buff.*)

SEPTIÈME ET DERNIÈRE ÉPOQUE.

Lorsque la puissance de l'homme a secondé celle de la nature.

Les premiers hommes témoins des mouvements convulsifs de la terre, encore récents et très fréquents, n'ayant que les montagnes pour asiles contre les inondations, chassés souvent de ces mêmes asiles par le feu des volcans, tremblants sur une terre qui trembloit sous leurs pieds, nus d'esprit et de corps, exposés aux injures de tous les éléments, victimes de la fureur des animaux féroces, dont ils ne pouvoient éviter de devenir la proie; tous également pénétrés du sentiment commun d'une terreur funeste, tous également pressés par la nécessité, n'ont-ils pas très promptement cherché à se réunir, d'abord pour se défendre par le nombre, ensuite pour s'aider et travailler de concert à se faire un domicile et des armes? Ils ont commencé par aiguiser en forme de haches ces cailloux durs, ces jades, ces *pierres de foudre,* que l'on a crues tombées des nues et formées par le tonnerre, et qui néanmoins ne sont que les premiers monuments de l'art de l'homme dans l'état de pure nature : il aura bientôt tiré du feu de ces mêmes cailloux en les frappant les uns contre les autres; il aura saisi la flamme des volcans, ou profité du feu de leurs laves brûlantes pour le communiquer, pour se faire jour dans les forêts, les broussailles; car, avec le secours de ce puissant élément, il a nettoyé, assaini, purifié les terrains qu'il vouloit habiter; avec la hache de pierre, il a tranché, coupé les arbres, menuisé le bois, façonné ses armes et les instruments de première nécessité. Et après s'être munis de massues et d'autres armes pesantes et défensives, ces premiers hommes n'ont-ils pas trouvé le moyen d'en faire d'offensives plus légères, pour atteindre de loin? Un nerf, un tendon d'animal, des fils d'aloès, ou l'écorce souple d'une plante ligneuse, leur ont servi de corde pour réunir les deux extrémités d'une branche élas-

tique dont ils ont fait leur arc; ils ont aiguisé d'autres petits cailloux pour en armer la flèche. Bientôt ils auront eu des filets, des radeaux, des canots, et s'en sont tenus là tant qu'ils n'ont formé que de petites nations composées de quelques familles, ou plutôt de parents issus d'une même famille, comme nous le voyons encore aujourd'hui chez les sauvages, qui veulent demeurer sauvages, et qui le peuvent, dans les lieux où l'espace libre ne leur manque pas plus que le gibier, le poisson et les fruits. Mais dans tous ceux où l'espace s'est trouvé confiné par les eaux, ou resserré par les hautes montagnes, ces petites nations, devenues trop nombreuses, ont été forcées de partager leur terrain entre elles; et c'est de ce moment que la terre est devenue le domaine de l'homme : il en a pris possession par ses travaux de culture, et l'attachement à la patrie a suivi de très près les premiers actes de sa propriété. L'intérêt particulier faisant partie de l'intérêt national, l'ordre, la police et les lois ont dû succéder, et la société prendre de la consistance et des forces.

Néanmoins ces hommes, profondément affectés des calamités de leur premier état, et ayant encore sous les yeux les ravages des inondations, les incendies des volcans, les gouffres ouverts par les secousses de la terre, ont conservé un souvenir durable et presque éternel de ces malheurs du monde : l'idée qu'il doit périr par un déluge universel, ou par un embrasement général; le respect pour certaines montagnes [1] sur lesquelles ils s'étoient sauvés des inondations; l'horreur pour ces

[1] Les montagnes en vénération dans l'Orient sont le mont Carmel et quelques endroits du Caucase; le mont Pirpangel au nord de l'Indostan; la montagne Pora dans la province d'Aracan; celle de Chaq-Pechan à la source du fleuve Sangari, chez les Tartares Mantchoux, d'où les Chinois croient qu'est venu Fo-hi; le mont Altay à l'orient des sources du Selinga en Tartarie; le mont Pecha au nord-ouest de la Chine, etc. Celles qui étoient en horreur étoient les montagnes à volcan, parmi lesquelles on peut citer le mont Ararath, dont le nom même signifie *montagne de malheur*, parce qu'en effet cette montagne étoit un des plus grands volcans de l'Asie, comme cela se reconnoît encore aujourd'hui par sa forme et par les matières qui environnent son sommet, où l'on voit les cratères et les autres signes de ses anciennes éruptions. (*Add. Buff.*)

autres montagnes qui lançoient des feux plus terribles que ceux du tonnerre, la vue de ces combats de la terre contre le ciel, fondement de la fable des Titans et des assauts contre les dieux; l'opinion de l'existence réelle d'un être malfaisant, la crainte et la superstition qui en sont le premier produit, tous ces sentiments fondés sur la terreur se sont dès-lors emparés à jamais du cœur et de l'esprit de l'homme : à peine est-il encore aujourd'hui rassuré par l'expérience des temps, par le calme qui a succédé à ces siècles d'orage, enfin par la connoissance des effets et des opérations de la nature; connoissance qui n'a pu s'acquérir qu'après l'établissement de quelque grande société dans les terres paisibles.

Ce n'est point en Afrique, ni dans les terres de l'Asie les plus avancées vers le midi, que les grandes sociétés ont pu d'abord se former; ces contrées étoient encore brûlantes et désertes; ce n'est point en Amérique, qui n'est évidemment, à l'exception de ses chaînes de montagnes, qu'une terre nouvelle; ce n'est pas même en Europe, qui n'a reçu que fort tard les lumières de l'Orient, que se sont établis les premiers hommes civilisés, puisqu'avant la fondation de Rome les contrées les plus heureuses de cette partie du monde, telles que l'Italie, la France et l'Allemagne, n'étoient encore peuplées que d'hommes plus qu'à demi sauvages. Lisez Tacite, sur les mœurs des Germains; c'est le tableau de celles des Hurons, ou plutôt des habitudes de l'espèce humaine entière sortant de l'état de nature. C'est donc dans les contrées septentrionales de l'Asie que s'est élevée la tige des connoissances de l'homme, et c'est sur ce tronc de l'arbre de la science que s'est élevé le tronc de sa puissance : plus il a su, plus il a pu; mais aussi moins il a fait, moins il a su. Tout cela suppose des hommes actifs dans un climat heureux, sous un ciel pur pour l'observer, sur une terre féconde pour la cultiver, dans une contrée privilégiée, à l'abri des inondations, éloignée des volcans, plus élevée et par conséquent plus anciennement tempérée que les autres. Or toutes ces conditions, toutes ces circonstances se sont trouvées réunies dans le centre du continent de l'Asie, depuis le 40e degré de

latitude jusqu'au 55°. Les fleuves qui portent les eaux dans la mer du Nord, dans l'Océan oriental, dans les mers du Midi et dans la Caspienne, partent également de cette région élevée qui fait aujourd'hui partie de la Sibérie méridionale et de la Tartarie. C'est dans cette terre plus élevée, plus solide que les autres, puisqu'elle leur sert de centre, et qu'elle est éloignée de près de cinq cents lieues de tous les océans; c'est dans cette contrée privilégiée que s'est formé le premier peuple digne de porter ce nom, digne de tous nos respects, comme créateur des sciences, des arts et de toutes les institutions utiles. Cette vérité nous est également démontrée par les monuments de l'histoire naturelle et par les progrès presque inconcevables de l'ancienne astronomie. Comment des hommes si nouveaux ont-ils pu trouver la période *lunisolaire* de six cents ans[1] ? Je me borne à ce seul fait, quoiqu'on puisse en citer beaucoup d'autres tout aussi merveilleux, et tout aussi

[1] La période de six cents ans dont Josèphe dit que se servoient les anciens patriarches avant le déluge est une des plus belles et des plus exactes que l'on ait jamais inventées. Il est de fait que, prenant *le mois lunaire de* 29 *jours* 12 *heures* 44 *minutes* 3 *secondes*, on trouve que 219 mille 146 jours ½ *font* 7 *mille* 421 *mois lunaires; et ce même nombre de* 219 *mille* 146 *jours* ½ *donne* 600 *années solaires, chacune de* 365 *jours* 5 *heures* 51 *minutes* 36 *secondes*, d'où résulte le mois lunaire à une seconde près, tel que les astronomes modernes l'ont déterminé, et l'année solaire plus juste qu'Hipparque et Ptolémée ne l'ont donnée plus de deux mille ans après le déluge. Josèphe a cité, comme ses garants, Manéthon, Bérose et plusieurs autres anciens auteurs dont les écrits sont perdus il y a long-temps... Quel que soit le fondement sur lequel Josèphe a parlé de cette période, il faut qu'il y ait eu réellement et de temps immémorial une telle période ou grande année, qu'on avoit oubliée depuis plusieurs siècles, puisque les astronomes qui sont venus après cet historien s'en seroient servis préférablement à d'autres hypothèses moins exactes pour la détermination de l'année solaire et du mois lunaire s'ils l'avoient connue, ou s'en seroient fait honneur s'ils l'avoient imaginée.

« Il est constant, dit le savant astronome Dominique Cassini, que dès le premier âge du monde, les hommes avoient déjà fait de grands progrès dans la science du mouvement des astres : on pourroit même avancer qu'ils en avoient beaucoup plus de connoissances que l'on n'en a eu long-temps depuis le déluge, s'il est bien vrai que l'année dont les anciens patriarches se servoient fût de la grandeur de celles qui composent la grande période de six cents ans dont il est fait mention dans les Antiquités des Juifs, écrites par Josèphe. Nous ne trouvons dans les monuments qui nous restent de toutes

constants. Ils savoient donc autant d'astronomie qu'en savoit de nos jours Dominique Cassini, qui le premier a démontré la réalité et l'exactitude de cette période de six cents ans; connoissance à laquelle ni les Chaldéens, ni les Égyptiens, ni les Grecs, ne sont pas arrivés; connoissance qui suppose celle des mouvements précis de la lune et de la terre, et qui exige une grande perfection dans les instruments nécessaires aux observations; connoissance qui ne peut s'acquérir qu'après avoir tout acquis, laquelle n'étant fondée que sur une longue suite de recherches, d'études et de travaux astronomiques, suppose au moins deux ou trois mille ans de culture à l'esprit humain pour y parvenir.

Ce premier peuple a été très heureux, puisqu'il est devenu très savant : il a joui, pendant plusieurs siècles, de la paix, du repos, du loisir nécessaire à cette culture de l'esprit, de laquelle dépend le fruit de toutes les autres cultures. Pour se douter de la période de six cents ans, il falloit au moins douze cents ans d'observations; pour l'assurer comme fait certain, il en a fallu plus du double : voilà donc déjà trois mille ans d'é-

les autres nations aucun vestige de cette période de six cents ans, qui est une des plus belles que l'on ait encore inventées. »

M. Cassini s'en rapporte, comme on voit, à Josèphe, et Josèphe avoit pour garants les historiographes égyptiens, babyloniens, phéniciens et grecs; Manéthon, Bérose, Mochus, Hestiéus, Jérôme l'Égyptien, Hésiode, Hécatée, etc., dont les écrits pouvoient subsister et subsistoient vraisemblablement de son temps.

Or, cela posé, et quoi qu'on puisse opposer au témoignage de ces auteurs, M. de Mairan dit, avec raison, que l'incompétence des juges ou des témoins ne sauroit avoir lieu ici. Le fait dépose par lui-même son authenticité : il suffit qu'une semblable période ait été nommée, il suffit qu'elle ait existé, pour qu'on soit en droit d'en conclure qu'il aura donc aussi existé des siècles d'observations, et en grand nombre, qui l'ont précédée; que l'oubli dont elle fut suivie est aussi bien ancien, car on doit regarder comme temps d'oubli tout celui où l'on a ignoré la justesse de cette période, et où l'on a dédaigné d'en approfondir les éléments et de s'en servir pour rectifier la théorie des mouvements célestes, et où l'on s'est avisé d'y en substituer de moins exactes. Donc, si Hipparque, Méton, Pythagore, Thalès et tous les anciens astronomes de la Grèce, ont ignoré la période de six cents ans, on est fondé à dire qu'elle étoit oubliée non-seulement chez les Grecs, mais aussi en Égypte, dans la Phénicie et dans la Chaldée, où les Grecs avoient tous été puiser leur grand savoir en astronomie. (*Add. Buff.*)

tudes astronomiques ; et nous n'en serons pas étonnés, puisqu'il a fallu ce même temps aux astronomes, en les comptant depuis les Chaldéens jusqu'à nous, pour reconnoître cette période ; et ces premiers trois mille ans d'observations astronomiques n'ont-ils pas été nécessairement précédés de quelques siècles où la science n'étoit pas née ? Six mille ans, à compter de ce jour, sont-ils suffisants pour remonter à l'époque la plus noble de l'histoire de l'homme, et même pour le suivre dans les premiers progrès qu'il a faits dans les arts et dans les sciences ?

Mais malheureusement elles ont été perdues, ces hautes et belles sciences ; elles ne nous sont parvenues que par débris trop informes pour nous servir autrement qu'à reconnoître leur existence passée. L'invention de la formule d'après laquelle les brames calculent les éclipses suppose autant de science que la construction de nos éphémérides, et cependant ces mêmes brames n'ont pas la moindre idée de la composition de l'univers ; ils n'en ont que de fausses sur le mouvement, la grandeur et la position des planètes ; ils calculent les éclipses sans en connoître la théorie, guidés comme des machines par une gamme fondée sur des formules savantes qu'ils ne comprennent pas, et que probablement leurs ancêtres n'ont point inventées, puisqu'ils n'ont rien perfectionné, et qu'ils n'ont pas transmis le moindre rayon de la science à leurs descendants : ces formules ne sont entre leurs mains que des méthodes de pratique ; mais elles supposent des connoissances profondes dont ils n'ont pas les éléments, dont ils n'ont pas même conservé les moindres vestiges, et qui par conséquent ne leur ont jamais appartenu. Ces méthodes ne peuvent donc venir que de cet ancien peuple savant qui avoit réduit en formules les mouvements des astres, et qui, par une longue suite d'observations, étoit parvenu non-seulement à la prédiction des éclipses, mais à la connoissance bien plus difficile de la période de six cents ans, et de tous les faits astronomiques que cette connoissance exige et suppose nécessairement.

Je crois être fondé à dire que les brames n'ont pas imaginé

ces formules savantes, puisque toutes leurs idées physiques sont contraires à la théorie dont ces formules dépendent, et que s'ils eussent compris cette théorie, même dans le temps qu'ils en ont reçu les résultats, ils eussent conservé la science, et ne se trouveroient pas réduits aujourd'hui à la plus grande ignorance, et livrés aux préjugés les plus ridicules sur le système du monde : car ils croient que la terre est immobile, et appuyée sur la cime d'une montagne d'or ; ils pensent que la lune est éclipsée par des dragons aériens, que les planètes sont plus petites que la lune, etc. Il est donc évident qu'ils n'ont jamais eu les premiers éléments de la théorie astronomique, ni même la moindre connoissance des principes que supposent les méthodes dont ils se servent. Mais je dois renvoyer ici à l'excellent ouvrage que M. Bailly vient de publier sur l'ancienne astronomie, dans lequel il discute à fond tout ce qui est relatif à l'origine et au progrès de cette science : on verra que ses idées s'accordent avec les miennes ; et d'ailleurs il a traité ce sujet important avec une sagacité de génie et une profondeur d'érudition qui méritent des éloges de tous ceux qui s'intéressent au progrès des sciences.

Les Chinois, un peu plus éclairés que les brames, calculent assez grossièrement les éclipses, et les calculent toujours de même depuis deux ou trois mille ans : puisqu'ils ne perfectionnent rien, ils n'ont jamais rien inventé ; la science n'est donc pas plus née à la Chine qu'aux Indes. Quoique aussi voisins que les Indiens du premier peuple savant, les Chinois ne paroissent pas en avoir rien tiré ; ils n'ont pas même ces formules astronomiques dont les brames ont conservé l'usage, et qui sont néanmoins les premiers et grands monuments du savoir et du bonheur de l'homme. Il ne paroît pas non plus que les Chaldéens, les Perses, les Égyptiens et les Grecs, aient rien reçu de ce premier peuple éclairé ; car, dans ces contrées du Levant, la nouvelle astronomie n'est due qu'à l'opiniâtre assiduité des observateurs chaldéens, et ensuite aux travaux des Grecs [1], qu'on ne doit dater que du temps de la fondation de

[1] Les astronomes et les philosophes grecs avoient puisé en Égypte et aux

l'école d'Alexandrie. Néanmoins cette science étoit encore bien imparfaite après deux mille ans de nouvelle culture, et même jusqu'à nos derniers siècles. Il me paroît donc certain que ce premier peuple, qui avoit inventé et cultivé si heureusement et si long-temps l'astronomie, n'en a laissé que des débris et

Indes la plus grande partie de leurs connoissances. Les Grecs étoient donc des gens très nouveaux en astronomie en comparaison des Indiens, des Chinois et des Atlantes habitants de l'Afrique occidentale; Uranus et Atlas chez ces derniers peuples, Fo-hi à la Chine, Mercure en Égypte, Zoroastre en Perse, etc.

Les Atlantes, chez qui régnoit Atlas, paroissent être les plus anciens peuples de l'Afrique, et beaucoup plus anciens que les Égyptiens. La théogonie des Atlantes, rapportée par Diodore de Sicile, s'est probablement introduite en Égypte, en Éthiopie et en Phénicie, dans le temps de cette grande irruption dont il est parlé dans le *Timée* de Platon, d'un peuple innombrable qui sortit de l'île Atlantide et se jeta sur une grande partie de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique.

Dans l'occident de l'Asie, dans l'Europe, dans l'Afrique, tout est fondé sur les connoissances des Atlantes, tandis que les peuples orientaux, chaldéens, indiens et chinois, n'ont été instruits que plus tard, et ont toujours formé des peuples qui n'ont pas eu de relations avec les Atlantes, dont l'irruption est plus ancienne que la première date d'aucun de ces derniers peuples.

Atlas, fils d'Uranus et frère de Saturne, vivoit, selon Manéthon et Dicéarque, 3 mille 900 ans environ avant l'ère chrétienne.

Quoique Diogène-Laërce, Hérodote, Diodore de Sicile, Pomponius Méla, etc., donnent à l'âge d'Uranus, les uns 48 mille 860 ans, les autres 23 mille ans, etc., cela n'empêche pas qu'en réduisant ces années à la vrai mesure du temps dont on se servoit dans différents siècles chez ces peuples, ces mesures ne reviennent au même, c'est-à-dire à 3 mille 890 ans avant l'ère chrétienne.

Le temps du déluge, selon les Septante, a été 2 mille 256 ans après la création.

L'astronomie a été cultivée en Égypte plus de 3 mille ans avant l'ère chrétienne; on peut le démontrer par ce que rapporte Ptolémée sur le lever héliaque de Sirius : ce lever de Sirius étoit très important chez les Égyptiens, parce qu'il annonçoit le débordement du Nil.

Les Chaldéens paroissent plus nouveaux dans la carrière astronomique que les Égyptiens.

Les Égyptiens connoissoient le mouvement du soleil plus de 3 mille ans avant Jésus-Christ, et les Chaldéens plus de 473 ans.

Il y avoit chez les Phrygiens un temple dédié à Hercule, qui paroît avoir été fondé 2 mille 800 ans avant l'ère chrétienne, et l'on sait qu'Hercule a été dans l'antiquité l'emblème du soleil.

On peut aussi dater les connoissances astronomiques chez les anciens Perses plus de 3 mille 200 ans avant Jésus-Christ.

L'astronomie chez les Indiens est tout aussi ancienne; ils admettent quatre

quelques résultats qu'on pouvoit retenir de mémoire, comme celui de la période de six cents ans, que l'historien Josèphe nous a transmise sans la comprendre.

La perte des sciences, cette première plaie faite à l'humanité par la hache de la barbarie, fut sans doute l'effet d'une

âges, et c'est au commencement du quatrième qu'est liée leur première époque astronomique : cet âge duroit en 1762 depuis 4 mille 863 ans, ce qui remonte à l'année 3102 ans avant Jésus-Christ. Ce dernier âge des Indiens est réellement composé d'années solaires : mais les trois autres, dont le premier est de 1 million 728 mille années, le second de 1 million 296 mille, et le troisième de 864 mille années, sont évidemment composés d'années, ou plutôt de révolutions de temps beaucoup plus courtes que les années solaires.

Il est aussi démontré par les époques astronomiques que les Chinois avoient cultivé l'astronomie plus de 3 mille ans avant Jésus-Christ, et dès le temps de Fo-hi.

Il y a donc une espèce de niveau entre ces peuples égyptiens, chaldéens ou perses, indiens, chinois et tartares. Ils ne s'élèvent pas plus les uns que les autres dans l'antiquité, et cette époque remarquable de 3 mille ans d'ancienneté pour l'astronomie est à peu près la même partout.

« Ceux qui résident depuis long-temps dans la Pensylvanie et dans les colonies voisines ont observé, dit M. Hugues Williamson, que leur climat a considérablement changé depuis quarante ou cinquante ans, et que les hivers ne sont point aussi froids....

« La température de l'air dans la Pensylvanie est différente de celles des contrées de l'Europe situées sous le même parallèle. Pour juger de la chaleur d'un pays, il faut non-seulement avoir égard à sa latitude, mais encore à sa situation et aux vents qui ont coutume d'y régner, puisque ceux-ci ne sauroient changer sans que le climat change aussi. La face d'un pays peut être entièrement métamorphosée par la culture ; et l'on se convaincra, en examinant la cause des vents, que leur cours peut pareillement prendre de nouvelles directions....

« Depuis l'établissement de nos colonies, continue M. Williamson, nous sommes parvenus non-seulement à donner plus de chaleur au terrain des cantons habités, mais encore à changer en partie la direction des vents. Les marins, qui sont le plus intéressés à cette affaire, nous ont dit qu'il leur falloit autrefois quatre ou cinq semaines pour aborder sur nos côtes, tandis qu'aujourd'hui ils y abordent avec la moitié moins de temps. On convient encore que le froid est moins rude, la neige moins abondante et moins continue qu'elle ne l'a jamais été, depuis que nous sommes établis dans cette province....

« Il y a plusieurs autres causes qui peuvent augmenter ou diminuer la chaleur de l'air ; mais on ne sauroit m'alléguer cependant un seul exemple du changement de climat qu'on puisse attribuer au défrichement du pays où il a lieu. On m'objectera celui qui est arrivé depuis dix-sept cents ans dans l'Italie et dans quelques contrées de l'Orient, comme une exception à cette règle générale. On nous dit que l'Italie étoit mieux cultivée du temps

malheureuse révolution qui aura détruit peut-être en peu d'années l'ouvrage et les travaux de plusieurs siècles; car nous ne pouvons douter que ce premier peuple, aussi puissant d'abord que savant, ne se soit long-temps maintenu dans sa splendeur, puisqu'il a fait de si grands progrès dans les sciences, et par conséquent dans tous les arts qu'exige leur étude. Mais il y a toute apparence que quand les terres situées au nord de cette heureuse contrée ont été trop refroidies, les hommes qui les habitoient, encore ignorants, farouches et barbares, auront reflué vers cette même contrée riche, abondante et cultivée par les arts; il est même assez étonnant qu'ils s'en soient emparés, et qu'ils y aient détruit non-seulement les germes, mais même la mémoire de toute science; en sorte que trente siècles d'ignorance ont peut-être suivi les trente siècles de lumières qui les avoient précédés. De tous ces beaux et premiers fruits de l'esprit humain il n'est resté que le marc; la métaphysique religieuse, ne pouvant être comprise, n'avoit pas besoin d'étude, et ne devoit ni s'altérer ni se perdre que faute de mémoire, laquelle ne manque jamais quand elle est frappée du merveilleux. Aussi cette métaphysique s'est-elle répandue de ce premier centre des sciences à toutes les parties du monde; les idoles de Calicut se sont trouvées les mêmes que celles de Séléginskoi. Les pèlerinages vers le grand Lama, établis à plus de deux mille lieues de distance; l'idée de la métempsycose

d'Auguste qu'elle ne l'est aujourd'hui, et que cependant le climat y est beaucoup plus tempéré... Il est vrai que l'hiver étoit plus rude en Italie il y a dix-sept cents ans qu'il ne l'est aujourd'hui... mais on peut en attribuer la cause aux vastes forêts dont l'Allemagne, qui est au nord de Rome, étoit couverte dans ce temps-là... Il s'élevoit de ces déserts incultes des vents du nord perçants, qui se répandoient comme un torrent dans l'Italie, et y causoient un froid excessif... et l'air étoit autrefois si froid dans ces régions incultes, qu'il devoit détruire la balance dans l'atmosphère de l'Italie ce qui n'est plus de nos jours.

« On peut donc raisonnablement conclure que dans quelques années d'ici, et lorsque nos descendants auront défriché la partie intérieure de ce pays, ils ne seront presque plus sujets à la gelée ni à la neige, et que leurs hivers seront extrêmement tempérés. »

Ces vues de M. Williamson sont très justes, et je ne doute pas que notre postérité ne les voie confirmées par l'expérience (*Add. Buff.*)

portée encore plus loin, adoptée comme article de foi par les Indiens, les Éthiopiens, les Atlantes; ces mêmes idées défigurées, reçues par les Chinois, les Perses, les Grecs, et parvenues jusqu'à nous; tout semble nous démontrer que la première souche et la tige commune des connoissances humaines appartient à cette terre de la haute Asie[1], et que les rameaux stériles ou dégénérés des nobles branches de cette ancienne souche se sont étendus dans toutes les parties de la terre chez les peuples civilisés.

Et que pouvons-nous dire de ces siècles de barbarie qui se se sont écoulés en pure perte pour nous? Ils sont ensevelis pour jamais dans une nuit profonde; l'homme d'alors, replongé dans les ténèbres de l'ignorance, a pour ainsi dire cessé d'être homme: car la grossièreté, suivie de l'oubli des devoirs, commence par relâcher les liens de la société, la barbarie achève de les rompre; les lois méprisées ou proscrites, les mœurs dégénérées en habitudes farouches; l'amour de l'humanité, quoique gravé en caractères sacrés, effacés dans les cœurs; l'homme enfin sans éducation, sans morale, réduit à mener une vie solitaire et sauvage, n'offre, au lieu de sa haute nature, que celle d'un être dégradé au-dessous de l'animal.

Néanmoins, après la perte des sciences, les arts utiles auxquels elles avoient donné naissance se sont conservés: la culture de la terre devenue plus nécessaire à mesure que les hommes se trouvoient plus nombreux, plus serrés; toutes les pratiques qu'exige cette même culture, tous les arts que supposent la contruction des édifices, la fabrication des idoles et des armes, la texture des étoffes, etc., ont survécu à la sciénce; ils se sont répandus de proche en proche, perfectionnés de loin en loin; ils ont suivi le cours des grandes populations: l'ancien empire de la Chine s'est élevé le premier, et presque en même temps

[1] Les cultures, les arts, les bourgs épars dans cette région (dit le savant naturaliste M. Pallas), sont les restes encore vivants d'un empire ou d'une société florissante, dont l'histoire même est ensevelie avec ses cités, ses temples, ses armes, et ses monuments, dont on déterre à chaque pas d'énormes débris; ces peuplades sont les membres d'une énorme nation, à laquelle il manque une tête.

celui des Atlantes en Afrique; ceux du continent de l'Asie, celui de l'Égypte, d'Éthiopie, se sont successivement établis, et enfin celui de Rome, auquel notre Europe doit son existence civile. Ce n'est donc que depuis environ trente siècles que la puissance de l'homme s'est réunie à celle de la nature et s'est étendue sur la plus grande partie de la terre : les trésors de sa fécondité jusqu'alors étoient enfouis, l'homme les a mis au grand jour; ses autres richesses, encore plus profondément enterrées, n'ont pu se dérober à ses recherches, et sont devenues le prix de ses travaux. Partout, lorsqu'il s'est conduit avec sagesse, il a suivi les lois de la nature, profité de ses exemples, employé ses moyens, et choisi dans son immensité tous les objets qui pouvoient lui servir ou lui plaire. Par son intelligence, les animaux ont été apprivoisés, subjugués, domptés, réduits à lui obéir à jamais; par ses travaux, les marais ont été desséchés, les fleuves contenus, leurs cataractes effacées, les forêts éclaircies, les landes cultivées; par sa réflexion, les temps ont été comptés, les espaces mesurés, les mouvements célestes reconnus, combinés, représentés, le ciel et la terre comparés, l'univers agrandi, et le Créateur dignement adoré; par son art émané de la science, les mers ont été traversées, les montagnes franchies, les peuples rapprochés, un nouveau monde découvert, mille autres terres isolées sont devenues son domaine; enfin la face entière de la terre porte aujourd'hui l'empreinte de la puissance de l'homme, laquelle, quoique subordonnée à celle de la nature, souvent a fait plus qu'elle, ou du moins l'a si merveilleusement secondée que c'est à l'aide de nos mains qu'elle s'est développée dans toute son étendue, et qu'elle est arrivée par degrés au point de perfection et de magnificence où nous la voyons aujourd'hui.

Comparez en effet la nature brute à la nature cultivée[1]; comparez les petites nations sauvages de l'Amérique avec nos grands peuples civilisés; comparez même celles de l'Afrique, qui ne le sont qu'à demi; voyez en même temps l'état des terres que ces nations habitent, vous jugerez aisément du peu de

[1] Voyez le discours qui a pour titre *de la Nature*, première vue.

valeur de ces hommes par le peu d'impression que leurs mains ont faite sur le sol. Soit stupidité, soit paresse, ces hommes à demi bruts, ces nations non policées, grandes ou petites, ne font que peser sur le globe sans soulager la terre, l'affamer sans la féconder, détruire sans édifier, tout user sans rien renouveler. Néanmoins la condition la plus méprisable de l'espèce humaine n'est pas celle du sauvage, mais celle de ces nations au quart policées qui de tout temps ont été les vrais fléaux de la nature humaine, et que les peuples civilisés ont encore peine à contenir aujourd'hui : ils ont, comme nous l'avons dit, ravagé la première terre heureuse, ils en ont arraché les germes du bonheur et détruit les fruits de la science. Et de combien d'autres invasions cette première irruption des barbares n'a-t-elle pas été suivie! C'est de ces mêmes contrées du nord, où se trouvoient autrefois tous les biens de l'espèce humaine, qu'ensuite sont venus tous ses maux. Combien n'a-t-on pas vu de ces débordements d'animaux à face humaine, toujours venant du nord, ravager les terres du midi! Jetez les yeux sur les annales de tous les peuples, vous y compterez vingt siècles de désolation pour quelques années de paix et de repos.

Il a fallu six cents siècles à la nature pour construire ses grands ouvrages, pour attiédir la terre, pour en façonner la surface et arriver à un état tranquille : combien n'en faudra-t-il pas pour que les hommes arrivent au même point et cessent de s'inquiéter, de s'agiter et de s'entre-détruire? Quand reconnoîtront-ils que la jouissance paisible des terres de leur patrie suffit à leur bonheur? Quand seront-ils assez sages pour rabattre de leurs prétentions, pour renoncer à des dominations imaginaires, à des possessions éloignées, souvent ruineuses, ou du moins plus à charge qu'utiles? L'empire de l'Espagne, aussi étendu que celui de la France en Europe, et dix fois plus grand en Amérique, est-il dix fois plus puissant? l'est-il même autant que si cette fière et grande nation se fût bornée à tirer de son heureuse terre tous les biens qu'elle pouvoit fournir? Les Anglois, ce peuple si sensé, si profondément pensant, n'ont-ils pas fait une grande faute en étendant trop loin les

limites de leurs colonies? Les anciens me paroissent avoir eu des idées plus saines de ces établissements; ils ne projetoient des émigrations que quand leur population les surchargeoit, et que leurs terres et leur commerce ne suffisoient plus à leurs besoins. Les invasions des barbares, qu'on regarde avec horreur, n'ont-elles pas eu des causes encore plus pressantes lorsqu'ils se sont trouvés trop serrés dans des terres ingrates, froides et dénuées, et en même temps voisines d'autres terres cultivées, fécondes et couvertes de tous les biens qui leur manquoient? Mais aussi que de sang ont coûté ces funestes conquêtes! Que de malheurs, que de pertes les ont accompagnées et suivies!

Ne nous arrêtons pas plus long-temps sur le triste spectacle de ces révolutions de mort et de dévastation, toutes produites par l'ignorance; espérons que l'équilibre, quoique imparfait, qui se trouve actuellement entre les puissances des peuples civilisés se maintiendra, et pourra même devenir plus stable à mesure que les hommes sentiront mieux leurs véritables intérêts, qu'ils reconnoîtront le prix de la paix et du bonheur tranquille, qu'ils en feront le seul objet de leur ambition, que les princes dédaigneront la fausse gloire des conquérants, et mépriseront la petite vanité de ceux qui, pour jouer un rôle, les excitent à de grands mouvements.

Supposons donc le monde en paix, et voyons de plus près combien la puissance de l'homme pourroit influer sur celle de la nature. Rien ne paroît plus difficile, pour ne pas dire impossible, que de s'opposer au refroidissement successif de la terre et de réchauffer la température d'un climat; cependant l'homme le peut faire et l'a fait. Paris et Québec sont à peu près sous la même latitude et à la même élévation sur le globe: Paris seroit donc aussi froid que Québec si la France et toutes les contrées qui l'avoisinent étoient aussi dépourvues d'hommes, aussi couvertes de bois, aussi baignées par les eaux que le sont les terres voisines du Canada. Assainir, défricher et peupler un pays, c'est lui rendre de la chaleur pour plusieurs milliers d'années; et ceci prévient la seule objection raison-

nable que l'on puisse faire contre mon opinion, ou, pour mieux dire, contre le fait réel du refroidissement de la terre.

Selon votre système, me dira-t-on, toute la terre doit être plus froide aujourd'hui qu'elle ne l'étoit il y a deux mille ans; or la tradition semble nous prouver le contraire. Les Gaules et la Germanie nourrissoient des élans, des loups-cerviers, des ours et d'autres animaux qui se sont retirés depuis dans les pays septentrionaux: cette progression est bien différente de celle que vous leur supposez du nord au midi. D'ailleurs l'histoire nous apprend que tous les ans la rivière de Seine étoit ordinairement glacée pendant une partie de l'hiver: ces faits ne paroissent-ils pas être directement opposés au prétendu refroidissement successif du globe? Ils le seroient, je l'avoue, si la France et l'Allemagne d'aujourd'hui étoient semblables à la Gaule et à la Germanie; si l'on n'eût pas abattu les forêts, desséché les marais, contenu les torrents, dirigé les fleuves et défriché toutes les terres trop couvertes et surchargées des débris même de leurs productions. Mais ne doit-on pas considérer que la déperdition de la chaleur du globe se fait d'une manière insensible; qu'il a fallu soixante-seize mille ans pour l'attiédir au point de la température actuelle, et que dans soixante-seize autres mille ans il ne sera pas encore assez refroidi pour que la chaleur particulière de la nature vivante y soit anéantie? Ne faut-il pas comparer ensuite à ce refroidissement si lent le froid prompt et subit qui nous arrive des régions de l'air, se rappeler qu'il n'y a néanmoins qu'un trente-deuxième de différence entre le plus grand chaud de nos étés et le plus grand froid de nos hivers, et l'on sentira déjà que les causes extérieures influent beaucoup plus que la cause intérieure sur la température de chaque climat, et que, dans tous ceux où le froid de la région supérieure de l'air est attiré par l'humidité ou poussé par des vents qui le rabattent vers la surface de la terre, les effets de ces causes particulières l'emportent de beaucoup sur le produit de la cause générale? Nous pouvons en donner un exemple qui ne laissera aucun

doute sur ce sujet, et qui prévient en même temps toute objection de cette espèce.

Dans l'immense étendue des terres de la Guiane, qui ne sont que des forêts épaisses où le soleil peut à peine pénétrer, où les eaux répandues occupent de grands espaces; où les fleuves, très voisins les uns des autres, ne sont ni contenus ni dirigés, où il pleut continuellement pendant huit mois de l'année, l'on a commencé seulement depuis un siècle à défricher autour de Cayenne un très petit canton de ces vastes forêts; et déjà la différence de température, dans cette petite étendue de terrain défriché, est si sensible, qu'on y éprouve trop de chaleur, même pendant la nuit, tandis que dans toutes les autres terres couvertes de bois il fait assez froid la nuit pour qu'on soit forcé d'allumer du feu. Il en est de même de la quantité et de la continuité des pluies : elles cessent plus tôt et commencent plus tard à Cayenne que dans l'intérieur des terres; elles sont aussi moins abondantes et moins continues. Il y a quatre mois de sécheresse absolue à Cayenne; au lieu que dans l'intérieur du pays la saison sèche ne dure que trois mois, et encore y pleut-il tous les jours par un orage assez violent qu'on appelle *le grain de midi*, parce que c'est vers le milieu du jour que cet orage se forme : de plus, il ne tonne presque jamais à Cayenne, tandis que les tonnerres sont violents et très fréquents dans l'intérieur du pays, où les nuages sont noirs, épais et très bas. Ces faits, qui sont certains, ne démontrent-ils pas qu'on feroit cesser ces pluies continuelles de huit mois, et qu'on augmenteroit prodigieusement la chaleur dans toute cette contrée si l'on détruisoit les forêts qui la couvrent, si l'on y resserroit les eaux en dirigeant les fleuves, et si la culture de la terre, qui suppose le mouvement et le grand nombre des animaux et des hommes, chassoit l'humidité froide et superflue que le nombre infiniment trop grand des végétaux attire, entretient et répand ?

Comme tout mouvement, toute action, produit de la chaleur, et que tous les êtres doués du mouvement progressif sont eux mêmes autant de petits foyers de chaleur, c'est de la

proportion du nombre des hommes et des animaux à celui des végétaux que dépend (toutes choses égales d'ailleurs) la température locale de chaque terre en particulier; les premiers répandent de la chaleur, les seconds ne produisent que de l'humidité. L'usage habituel que l'homme fait du feu ajoute beaucoup à cette température artificielle dans tous les lieux où il habite en nombre. A Paris, dans les grands froids, les thermomètres au faubourg Saint-Honoré marquent 2 ou 3 degrés de froid de plus qu'au faubourg Saint-Marceau, parce que le vent du nord se tempère en passant sur les cheminées de cette grande ville. Une seule forêt de plus ou de moins dans un pays suffit pour en changer la température : tant que les arbres sont sur pied, ils attirent le froid, ils diminuent par leur ombrage la chaleur du soleil; ils produisent des vapeurs humides qui forment des nuages et retombent en pluie d'autant plus froide qu'elle descend de plus haut : et si ces forêts sont abandonnées à la seule nature, ces mêmes arbres, tombés de vétusté, pourrissent froidement sur la terre, tandis qu'entre les mains de l'homme ils servent d'aliment à l'élément du feu, et deviennent les causes secondaires de toute chaleur particulière. Dans les pays de prairie, avant la récolte des herbes, on a toujours des rosées abondantes, et très souvent de petites pluies qui cessent dès que ces herbes sont levées. Ces petites pluies deviendroient donc plus abondantes, et ne cesseroient pas, si nos prairies, comme les savanes de l'Amérique, étoient toujours couvertes d'une même quantité d'herbes, qui, loin de diminuer, ne peut qu'augmenter par l'engrais de toutes celles qui se dessèchent et pourrissent sur la terre.

Je donnerois aisément plusieurs autres exemples, qui tous concourent à démontrer que l'homme peut modifier les influences du climat qu'il habite, et en fixer pour ainsi dire la température au point qui lui convient. Et ce qu'il y a de singulier, c'est qu'il lui seroit plus difficile de refroidir la terre que de la réchauffer : maître de l'élément du feu, qu'il peut augmenter et propager à son gré, il ne l'est pas de l'élément

du froid, qu'il ne peut saisir ni communiquer. Le principe du froid n'est pas même une substance réelle, mais une simple privation, ou plutôt une diminution de chaleur, diminution qui doit être très grande dans les hautes régions de l'air, et qui l'est assez à une lieue de distance de la terre pour y convertir en grêle et en neige les vapeurs aqueuses; car les émanations de la chaleur propre du globe suivent la même loi que toutes les autres quantités ou qualités physiques qui partent d'un centre commun; et leur intensité décroissant en raison inverse du carré de la distance, il paroît certain qu'il fait quatre fois plus froid à deux lieues qu'à une lieue de hauteur dans notre atmosphère, en prenant chaque point de la surface de la terre pour centre. D'autre part, la chaleur intérieure du globe est constante, dans toutes les saisons, à 10 degrés au-dessus de la congélation : ainsi tout froid plus grand, ou plutôt toute chaleur moindre de 10 degrés, ne peut arriver sur la terre que par la chute des matières refroidies dans la région supérieure de l'air, où les effets de cette chaleur propre du globe diminuent d'autant plus qu'on s'élève plus haut. Or la puissance de l'homme ne s'étend pas si loin; il ne peut faire descendre le froid comme il fait monter le chaud; il n'a d'autre moyen pour se garantir de la trop grande ardeur du soleil que de créer de l'ombre : mais il est bien plus aisé d'abattre des forêts à la Guiane pour en réchauffer la terre humide que d'en planter en Arabie pour en rafraîchir les sables arides; cependant une seule forêt dans le milieu de ces déserts brûlants suffiroit pour les tempérer, pour y ramener les eaux du ciel, pour rendre à la terre tous les principes de sa fécondité, et par conséquent pour y faire jouir l'homme de toutes les douceurs d'un climat tempéré.

C'est de la différence de température que dépend la plus ou moins grande énergie de la nature; l'accroissement, le développement et la production même de tous les êtres organisés, ne sont que des effets particuliers de cette cause générale : ainsi l'homme en la modifiant peut en même temps détruire ce qui lui nuit et faire éclore tout ce qui lui convient.

Heureuses les contrées où tous les éléments de la température se trouvent balancés, et assez avantageusement combinés pour n'opérer que de bons effets! Mais en est-il aucune qui, dès son origine, ait eu ce privilége? aucune où la puissance de l'homme n'ait pas secondé celle de la nature, soit en attirant ou détournant les eaux, soit en détruisant les herbes inutiles et les végétaux nuisibles ou superflus, soit en se conciliant les animaux utiles et les multipliant? Sur trois cents espèces d'animaux quadrupèdes et quinze cents espèces d'oiseaux qui peuplent la surface de la terre, l'homme en a choisi dix-neuf ou vingt [1]; et ces vingt espèces figurent seules plus grandement dans la nature, et font plus de bien sur la terre que toutes les autres espèces réunies. Elles figurent plus grandement, parce qu'elles sont dirigées par l'homme, et qu'il les a prodigieusement multipliées : elles opèrent de concert avec lui tout le bien qu'on peut attendre d'une sage administration de forces et de puissance pour la culture de la terre, pour le transport et le commerce de ses productions, pour l'augmentation des subsistances; en un mot, pour tous les besoins, et même pour les plaisirs d'un seul maître qui puisse payer leurs services par ses soins.

Et dans ce petit nombre d'espèces d'animaux dont l'homme a fait choix, celles de la poule et du cochon, qui sont les plus fécondes, sont aussi les plus généralement répandues, comme si l'aptitude à la plus grande multiplication étoit accompagnée de cette vigueur de tempérament qui brave tous les inconvénients. On a trouvé la poule et le cochon dans les parties les moins fréquentées de la terre, à Otahiti, et dans les autres îles de tout temps inconnues et les plus éloignées des continents : il semble que ces espèces aient suivi celle de l'homme dans toutes ses émigrations. Dans le continent isolé de l'Amérique méridionale, où nul de nos animaux n'a pu pénétrer, on a trouvé le pécari et la poule sauvage, qui, quoique plus petits

[1] L'éléphant, le chameau, le cheval, l'âne, le bœuf, la brebis, la chèvre, le cochon, le chien, le chat, le lama, la vigogne, le buffle. Les poules, les oies, les dindons, les canards, les paons, les faisans, les pigeons.

et un peu différents du cochon et de la poule de notre continent, doivent néanmoins être regardés comme espèces très voisines, qu'on pourroit de même réduire en domesticité : mais l'homme sauvage n'ayant point d'idée de la société n'a pas même cherché celle des animaux. Dans toutes les terres de l'Amérique méridionale les sauvages n'ont point d'animaux domestiques; ils détruisent indifféremment les bonnes espèces comme les mauvaises; ils ne font choix d'aucune pour les élever et les multiplier : tandis qu'une seule espèce féconde, comme celle du *hocco*[1], qu'ils ont sous la main, leur fourniroit sans peine, et seulement avec un peu de soin, plus de subsistance qu'ils ne peuvent s'en procurer par leurs chasses pénibles.

Aussi le premier trait de l'homme qui commence à se civiliser est l'empire qu'il sait prendre sur les animaux ; et ce premier trait de son intelligence devient ensuite le plus grand caractère de sa puissance sur la nature : car ce n'est qu'après se les être soumis qu'il a, par leur secours, changé la face de la terre, converti les déserts en guérets et les bruyères en épis. En multipliant les espèces utiles d'animaux, l'homme augmente sur la terre la quantité de mouvement et de vie; il ennoblit en même temps la suite entière des êtres, et s'ennoblit lui-même, en transformant le végétal en animal, et tous deux en sa propre substance, qui se répand ensuite par une nombreuse multiplication : partout il produit l'abondance, toujours suivie de la grande population; des millions d'hommes existent dans le même espace qu'occupoient autrefois deux ou trois cents sauvages, des milliers d'animaux où il y avoit à peine quelques individus; par lui et pour lui les germes précieux sont les seuls développés, les productions de la classe la plus noble les seules cultivées; sur l'arbre immense de la fécondité les branches à fruits seules subsistantes et toutes perfectionnées.

Le grain dont l'homme fait son pain n'est point un don de la nature, mais le grand, l'utile fruit de ses recherches et de

[1] Gros oiseau très fécond, et dont la chair est aussi bonne que celle du faisan.

son intelligence dans le premier des arts; nulle part sur la terre on n'a trouvé du blé sauvage, et c'est évidemment une herbe perfectionnée par ses soins : il a donc fallu reconnoître et choisir entre mille et mille autres cette herbe précieuse; il a fallu la semer, la recueillir nombre de fois pour s'apercevoir de sa multiplication, toujours proportionnée à la culture et à l'engrais des terres. Et cette propriété, pour ainsi dire unique, qu'a le froment de résister, dans son premier âge, au froid de nos hivers, quoique soumis, comme toutes les plantes annuelles, à périr après avoir donné sa graine; et la qualité merveilleuse de cette graine, qui convient à tous les hommes, à tous les animaux, à presque tous les climats, qui d'ailleurs se conserve long-temps sans altération, sans perdre la puissance de se reproduire; tout nous démontre que c'est la plus heureuse découverte que l'homme ait jamais faite, et que, quelque ancienne qu'on veuille la supposer, elle a néanmoins été précédée de l'art de l'agriculture, fondé sur la science et perfectionné par l'observation.

Si l'on veut des exemples plus modernes et même récents de la puissance de l'homme sur la nature des végétaux, il n'y a qu'à comparer nos légumes, nos fleurs et nos fruits, avec les mêmes espèces telles qu'elles étoient il y a cent cinquante ans : cette comparaison peut se faire immédiatement et très précisément en parcourant des yeux la grande collection de dessins coloriés commencée dès le temps de Gaston d'Orléans, et qui se continue encore aujourd'hui au Jardin du Roi : on y verra peut-être avec surprise que les plus belles fleurs de ce temps, renoncules, œillets, tulipes, oreilles-d'ours, etc., seroient rejetées aujourd'hui, je ne dis pas par nos fleuristes, mais par les jardiniers de village. Ces fleurs, quoique déjà cultivées alors, n'étoient pas encore bien loin de leur état de nature : un simple rang de pétales, de longs pistils et des couleurs dures ou fausses, sans velouté, sans variété, sans nuances, tous caractères agrestes de la nature sauvage. Dans les plantes potagères, une seule espèce de chicorée et deux sortes de laitues, toutes deux assez mauvaises; tandis qu'au-

jourd'hui nous pouvons compter plus de cinquante laitues et chicorées, toutes très bonnes au goût. Nous pouvons de même donner la date très moderne de nos meilleurs fruits à pepin et à noyau, tous différents de ceux des anciens, auxquels ils ne ressemblent que de nom. D'ordinaire les choses restent, et les noms changent avec le temps; ici c'est le contraire, les noms sont demeurés et les choses ont changé : nos pêches, nos abricots, nos poires, sont des productions nouvelles auxquelles on a conservé les vieux noms des productions antérieures. Pour n'en pas douter, il ne faut que comparer nos fleurs et nos fruits avec les descriptions ou plutôt les notices que les auteurs grecs ou latins nous en ont laissées; toutes leurs fleurs étoient simples, et tous leurs arbres fruitiers n'étoient que des sauvageons assez mal choisis dans chaque genre, dont les petits fruits, âpres ou secs, n'avoient ni la saveur ni la beauté des nôtres.

Ce n'est pas qu'il y ait aucune de ces bonnes et nouvelles espèces qui ne soit originairement issue d'un sauvageon; mais combien de fois n'a-t-il pas fallu que l'homme ait tenté la nature pour en obtenir ces espèces excellentes! combien de milliers de germes n'a-t-il pas été obligé de confier à la terre pour qu'elle les ait enfin produits! Ce n'est qu'en semant, élevant, cultivant, et mettant à fruit un nombre presque infini de végétaux de la même espèce, qu'il a pu reconnoître quelques individus portant des fruits plus doux et meilleurs que les autres : et cette première découverte, qui suppose déjà tant de soins, seroit encore demeurée stérile à jamais s'il n'en eût fait une seconde, qui suppose autant de génie que la première exigeoit de patience; c'est d'avoir trouvé le moyen de multiplier par la greffe ces individus précieux, qui malheureusement ne peuvent faire une lignée aussi noble qu'eux, ni propager par eux-mêmes leurs excellentes qualités : et cela seul prouve que ce ne sont en effet que des qualités purement individuelles, et non des propriétés spécifiques; car les pepins ou noyaux de ces excellents fruits ne produisent, comme les autres, que de simples sauvageons, et par conséquent ils ne forment pas des

espèces qui en soient essentiellement différentes : mais, au moyen de la greffe, l'homme a, pour ainsi dire, créé des espèces secondaires qu'il peut propager et multiplier à son gré. Le bouton ou la petite branche qu'il joint au sauvageon renferme cette qualité individuelle qui ne peut se transmettre par la graine, et qui n'a besoin que de se développer pour produire les mêmes fruits que l'individu dont on les a séparés pour les unir au sauvageon, lequel ne leur communique aucune de ces mauvaises qualités, parce qu'il n'a pas contribué à leur formation, qu'il n'est pas une mère, mais une simple nourrice qui ne sert qu'à leur développement par la nutrition.

Dans les animaux, la plupart des qualités qui paroissent individuelles ne laissent pas de se transmettre et de se propager par la même voie que les propriétés spécifiques : il étoit donc plus facile à l'homme d'influer sur la nature des animaux que sur celle des végétaux. Les races, dans chaque espèce d'animal, ne sont que des variétés constantes qui se perpétuent par la génération; au lieu que, dans les espèces végétales, il n'y a point de races, point de variétés assez constantes pour être perpétuées par la reproduction. Dans les seules espèces de la poule et du pigeon, l'on a fait naître très récemment de nouvelles races en grand nombre, qui toutes peuvent se propager d'elles-mêmes : tous les jours, dans les autres espèces, on relève, on ennoblit les races en les croisant; de temps en temps on acclimate, on civilise quelques espèces étrangères ou sauvages. Tous ces exemples modernes et récents prouvent que l'homme n'a connu que tard l'étendue de sa puissance, et que même il ne la connoît pas encore assez; elle dépend en entier de l'exercice de son intelligence : ainsi plus il observera, plus il cultivera la nature, plus il aura de moyens pour se la soumettre, et de facilités pour tirer de son sein des richesses nouvelles, sans diminuer les trésors de son inépuisable fécondité.

Et que ne pourroit-il pas sur lui-même, je veux dire sur sa propre espèce, si la volonté étoit toujours dirigée par l'intelligence! Qui sait jusqu'à quel point l'homme pourroit perfec-

tionner sa nature, soit au moral, soit au physique? Y a-t-il une seule nation qui puisse se vanter d'être arrivée au meilleur gouvernement possible, qui seroit de rendre tous le hommes non pas également heureux, mais moins également malheureux, en veillant à leur conservation, à l'épargne de leurs sueurs et de leur sang par la paix, par l'abondance des subsistances, par les aisances de la vie et les facilités pour leur propagation? Voilà le but moral de toute société qui cherche à s'améliorer. Et, pour le physique, la médecine et les autres arts dont l'objet est de nous conserver sont-ils aussi avancés, aussi connus, que les arts destructeurs enfantés par la guerre? Il semble que de tous temps l'homme ait fait moins de réflexions sur le bien que de recherches pour le mal : toute société est mêlée de l'un et de l'autre; et comme de tous les sentiments qui affectent la multitude, la crainte est le plus puissant, les grands talents dans l'art de faire du mal ont été les premiers qui aient frappé l'esprit de l'homme; ensuite ceux qui l'ont amusé ont occupé son cœur; et ce n'est qu'après un trop long usage de ces deux moyens de faux honneur et de plaisir stérile qu'enfin il a reconnu que sa vraie gloire est la science, et la paix son vrai bonheur.

EXPLICATION

DE LA CARTE GÉOGRAPHIQUE.

Cette carte représente les deux parties polaires du globe depuis le 45e degré de latitude; on y a marqué les glaces tant flottantes que fixes, aux points où elles ont été reconnues par les navigateurs.

Dans celle du pôle arctique, on voit les glaces flottantes trouvées par Barents à 70 degrés de latitude, près du détroit de Waigats, et les glaces immobiles qu'il trouva à 77 et 78 degrés de latitude à l'ouest de ce détroit, qui est aujourd'hui entièrement obstrué par les glaces. On a aussi indiqué le grand banc de glaces immobiles reconnues par Wood, entre le Spitzberg et la Nouvelle-Zemble, et celui qui se trouve entre le Spitzberg et le Groenland, que les vaisseaux de la pêche de la baleine rencontrent constamment à la hauteur de 77 ou 78 degrés, et qu'ils nomment *le banc de l'Ouest*, en le voyant s'étendre sans bornes de ce côté, et vraisemblablement jusqu'aux côtes du *vieux Groenland*, qu'on sait être aujourd'hui perdues dans les glaces. La route du capitaine Phipps est marquée sur cette carte avec la continuité des glaces qui l'ont arrêté au nord et à l'ouest du Spitzberg.

On a aussi tracé sur cette carte les glaces flottantes rencontrées par Ellis dès le 58 ou 59e degré, à l'est du cap *Farewell;* celles que Forbisher trouva dans son détroit, qui est actuellement obstrué, et celles qu'il vit à 62 degrés vers la côte de Labrador; celles que rencontra Baffin dans la baie de son nom par les 73 et 73e degrés, et celles qui se trouvent dans la baie d'Hudson dès le 63e degré, selon Ellis, et dont le *Welcome* est quelquefois couvert; celles de la baie de *Repulse,* qui en est remplie, selon Middleton. On y voit aussi celles dont presque en tout temps le détroit de Davis est obstrué, et celles qui

souvent assiégent celui d'Hudson, quoique plus meridional de 6 ou 7 degrés. L'île *Baëren*, ou *île aux Ours*, qui est au-dessous du Spitzberg à 74 degrés, se voit ici au milieu des glacès flottantes. L'île *Jean de Mayen*, située près du vieux Groenland à 70 degrés ½, est engagée dans les glaces par ses côtes occidentales.

On a aussi désigné sur cette carte les glaces flottantes le long des côtes de la Sibérie et aux embouchures de toutes les grandes rivières qui arrivent à cette mer glaciale, depuis l'*Irtisch* joint à l'*Oby* jusqu'au fleuve *Kolima* : ces glaces flottantes incommodent la navigation, et dans quelques endroits la rendent impraticable. Le banc de la glace solide du pôle descend déjà à 76 degrés sur le cap *Piasida*, et engage cette pointe de terre, qui n'a pu être doublée ni par l'ouest du côté de l'Oby, ni par l'est du côté de la *Lena*, dont les bouches sont semées de glaces flottantes ; d'autres glaces immobiles au nord-est de l'embouchure de la *Jana* ne laissent aucun passage ni à l'est ni au nord. Les glaces flottantes devant l'*Olenek* et le *Chatanga* descendent jusqu'aux 74 et 73ᵉ degrés : on les trouve à la même hauteur devant l'Indigirka et vers les embouchures du Kolima, qui paroît être le dernier terme où aient atteint les Russes par ces navigations coupées sans cesse par les glaces. C'est d'après leurs expéditions que ces glaces ont été tracées sur notre carte : il est plus que probable que des glaces permanentes ont engagé le cap Szalaginski, et peut-être aussi la côte nord-est de la terre des Tschutschis; car ces dernières côtes n'ont pas été découvertes par la navigation, mais par des expéditions sur terre, d'après lesquelles on les a figurées. Les navigations qu'on prétend s'être faites autrefois autour de ce cap et de la terre des Tschutschis ont toujours été suspectes, et vraisemblablement sont impraticables aujourd'hui; sans cela les Russes, dans leurs tentatives pour la découverte des terres de l'Amérique, seroient partis des fleuves de la Sibérie, et n'auroient pas pris la peine de faire par terre la traversée immense de ce vaste pays pour s'embarquer à Kamtschatka, où il est extrêmement difficile de cons-

truire des vaisseaux, faute de bois, de fer, et de presque tout ce qui est nécessaire pour l'équipement d'un navire.

Ces glaces qui viennent gagner les côtes du nord de l'Asie; celles qui ont déjà envahi les parages de la Zemble, du Spitzberg et du vieux Groenland; celles qui couvrent en partie les baies de Baffin, d'Hudson et leurs détroits, ne sont que comme les bords ou les appendices de la glacière de ce pôle, qui en occupe toutes les régions adjacentes jusqu'au 80 ou 81e degré, comme nous l'avons représenté en jetant une ombre sur cette portion de la terre à jamais perdue pour nous.

La carte du pôle antarctique présente la reconnoissance des glaces faites par plusieurs navigateurs, et particulièrement par le célèbre capitaine Cook dans ses deux voyages, le premier en 1769 et en 1770, et le second en 1773, 1774 et 1775. La relation de ce second voyage n'a été publiée en françois que cette année 1778, et je n'en ai eu connoissance qu'au mois de juin, après l'impression de ce volume entièrement achevée; mais j'ai vu avec la plus grande satisfaction mes conjectures confirmées par les faits. On vient de lire, dans plusieurs endroits de ce volume, les raisons, que j'ai données du froid plus grand dans les régions australes que dans les boréales; j'ai dit et répété que la portion de sphère depuis le pôle arctique jusqu'à 9 degrés de distance n'est qu'une région glacée, une calotte de glace solide et continue, et que, selon toutes les analogies, la portion glacée de même dans les régions australes est bien plus considérable, et s'étend à 18 ou 20 degrés. Cette présomption étoit donc bien fondée, puisque M. Cook, le plus grand de tous les navigateurs, ayant fait le tour presque entier de cette zone australe, a trouvé partout des glaces, et n'a pu pénétrer nulle part au-delà du 71e degré, et cela dans un seul point au nord-ouest de l'extrémité de l'Amérique. Les appendices de cette immense glacière du pôle antarctique s'étendent même jusqu'au 60e degré en plusieurs lieux, et les énormes glaçons qui s'en détachent voyagent jusqu'au 50e, et même jusqu'au 48e degré de latitude en certains endroits. On verra que les glaces les plus avancées vers l'équateur se trouvent

vis-à-vis les mers les plus étendues et les terres les plus éloignées du pôle : on en trouve au 48, 49, 50 et 51e degrés, sur une étendue de 10 degrés en longitude à l'ouest, et de 35 de longitude à l'est, et tout l'espace entre le 50e et le 60e degré de latitude est rempli de glaces brisées, dont quelques-unes forment des îles d'une grandeur considérable. On voit que sous ces mêmes longitudes les glaces deviennent encore plus fréquentes et presque continues aux 60 et 61e degrés de latitude, et enfin que tout passage est fermé par la continuité de la glace aux 66 et 67e degrés, où M. Cook a fait une autre pointe, et s'est trouvé forcé de retourner pour ainsi dire sur ses pas, en sorte que la masse continue de cette glace solide et permanente qui couvre le pôle austral et toute la zone adjacente s'étend dans ces parages jusqu'au-delà du 66e degré de latitude.

On trouve de même des îles et des plaines de glaces dès le 49e degré de latitude, à 60 degrés de longitude est [1], et en plus grand nombre à 80 et 90 degrés de longitude sous la latitude de 58 degrés, et encore en plus grand nombre sous le 60 et le 61e degré de latitude, dans tout l'espace compris depuis le 90e degré jusqu'au 145e degré de longitude est.

De l'autre côté, c'est-à-dire à 30 degrés environ de longitude ouest, M. Cook a fait la découverte de la terre Sandwich à 59 degrés de latitude, et de l'île Georgie sous le 55e, et il a reconnu des glaces au 59e degré de latitude, dans une étendue de 10 ou 12 degrés de longitude ouest, avant d'arriver à la terre Sandwich, qu'on peut regarder comme le Spitzberg des régions australes, c'est-à-dire comme la terre la plus avancée vers le pôle antarctique : il a trouvé de pareilles glaces en beaucoup plus grand nombre aux 60 et 61e degrés de latitude, depuis le 29e degré de longitude ouest jusqu'au 51e ; et le capitaine Furneaux en a trouvé sous le 63e degré, à 65 et 60 degrés de longitude ouest.

[1] Ces positions données par le capitaine Cook sur le méridien de Londres sont réduites sur la carte à celui de Paris, et doivent s'y rapporter, par le changement facile de deux degrés et demi en *moins* du côté de l'est, et en *plus* du côté de l'ouest.

On a aussi marqué les glaces immobiles que Davis a vues sous le 65e et 66e degrés de latitude vis-à-vis du cap Horn, et celles dans lesquelles le capitaine Cook a fait une pointe jusqu'au 71° degré de latitude : ces glaces s'étendent depuis le 110e degré de longitude ouest jusqu'au 120e. Ensuite on voit les glaces flottantes depuis le 130e degré de longitude ouest jusqu'au 170e sous les latitudes de 60 à 70 degrés ; en sorte que, dans toute l'étendue de la circonférence de cette grande zone polaire antarctique, il n'y a qu'environ 40 ou 45 degrés en longitude dont l'espace n'ait pas été reconnu, ce qui ne fait pas la huitième partie de cette immense calotte de glace : toute le reste de ce circuit a été vu et bien reconnu par M. Cook, dont nous ne pourrons jamais louer assez la sagesse, l'intelligence et le courage ; car le succès d'une pareille entreprise suppose toutes ces qualités réunies.

On vient d'observer que les glaces les plus avancées du côté de l'équateur dans ces régions australes se trouvent sur les mers les plus éloignées des terres, comme dans les mers des Grandes-Indes et vis-à-vis le cap de Bonne-Espérance, et qu'au contraire les glaces les moins avancées se trouvent dans le voisinage des terres, comme à la pointe de l'Amérique et des deux côtés de cette pointe, tant dans la mer Atlantique que dans la mer Pacifique. Ainsi la partie la moins froide de cette grande zone antarctique est vis-à-vis l'extrémité de l'Amérique, qui s'étend jusqu'au 56e degré de latitude ; tandis que la partie la plus froide de cette même zone est vis-à-vis de la pointe de l'Afrique, qui ne s'avance qu'au 34e degré, et vers la mer de l'Inde, où il n'y a point de terre. Or s'il en est de même du côté du pôle arctique, la région la moins froide seroit celle du Spitzberg et du Groenland, dont les terres s'étendent à peu près jusqu'au 80e degré, et la région la plus froide seroit celle de la partie de mer entre l'Asie et l'Amérique, en supposant que cette région soit en effet une mer.

De toutes les reconnoissances faites par M. Cook, on doit inférer que la portion du globe envahie par les glaces depuis le pôle antarctique jusqu'à la circonférence de ces régions gla-

cées est, en superficie, au moins cinq ou six fois plus étendue que l'espace envahi par les glaces autour du pôle arctique ; ce qui provient de deux causes assez évidentes : la première est le séjour du soleil, plus court de sept jours trois quarts par an dans l'hémisphère austral que dans le boréal ; la seconde et plus puissante cause est la quantité de terres infiniment plus grande dans cette portion de l'hémisphère boréal que dans la portion égale et correspondante de l'hémisphère austral ; car les continents de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique s'étendent jusqu'au 70e degré et au-delà vers le pôle arctique, tandis que dans les régions australes il n'existe aucune terre depuis le 50e ou même le 45e degré que celle de la pointe de l'Amérique, qui ne s'étend qu'au 56e, avec les îles Falkland, la petite île Georgie et celle de Sandwich, qui est moitié terre et moitié glace ; en sorte que cette grande zone australe étant entièrement maritime et aqueuse, et la boréale presque entièrement terrestre, il n'est pas étonnant que le froid soit beaucoup plus grand et que les glaces occupent une bien plus vaste étendue dans ces régions australes que dans les boréales.

Et comme ces glaces ne feront qu'augmenter par le refroidissement successif de la terre, il sera dorénavant plus inutile et plus téméraire qu'il ne l'étoit ci-devant de chercher à faires des découvertes au-delà du 80e degré vers le pôle boréal, et au-delà du 55e vers le pôle austral. La Nouvelle-Zélande, la pointe de la Nouvelle-Hollande, et celles des terres Magellaniques, doivent être regardées comme les seules et dernières terres habitables dans cet hémisphère austral.

J'ai fait représenter toutes les îles et plaines de glaces reconnues par les différents navigateurs, et notamment par les capitaines Cook et Furneaux, en suivant les points de longitude et de latitude indiqués dans leurs cartes de navigation. Toutes ces reconnoissances des mers australes ont été faites dans les mois de novembre, décembre, janvier et février, c'est-à-dire dans la saison d'été de cet hémisphère austral ; car quoique ces glaces ne soient pas toutes permanentes, et qu'elles voyagent selon qu'elles sont entraînées par les courants ou poussées

par les vents, il est néanmoins presque certain que comme elles ont été vues dans cette saison d'été elles s'y trouveroient de même et en bien plus grande quantité dans les autres saisons, et que par conséquent on doit les regarder comme permanentes, quoiqu'elles ne soient pas stationnaires aux mêmes points.

Au reste, il est indifférent qu'il y ait des terres ou non dans cette vaste région australe, puisqu'elle est entièrement couverte de glaces depuis le 60e degré de latitude jusqu'au pôle; et l'on peut concevoir aisément que toutes les vapeurs aqueuses qui forment les brumes et les neiges se convertissant en glaces, elles se gèlent et s'accumulent sur la surface de la mer comme sur celle de la terre. Rien ne peut donc s'opposer à la formation ni même à l'augmentation successive de ces glacières polaires, et au contraire tout s'oppose à l'idée qu'on avoit ci-devant de pouvoir arriver à l'un ou à l'autre pôle par une mer ouverte ou par des terres praticables.

Toute la partie des côtés du pôle boréal a été réduite et figurée d'après les cartes les plus étendues, les plus nouvelles et les plus estimées. Le nord de l'Asie, depuis la Nouvelle-Zemble et Archangel au cap Szalaginski, la côte des Tschutschis et du Kamtschatska, ainsi que les îles Aleutes, ont été réduites sur la grande carte de l'empire de Russie, publiée l'année dernière 1777. Les *îles aux Renards* [1] ont été relevées sur la carte manuscrite de l'expédition du pilote Otcheredin en 1774, qui m'a été envoyée par M. de Domascheneff, président de l'académie de Saint-Pétersbourg; celles d'*Anadir,*

[1] Il est aussi fait mention de ces îles aux Renards dans un voyage fait en 1776 par les Russes, sous la conduite de M. Solowiew : il nomme *Unalaschka* l'une de ces îles, et dit qu'elle est à dix-huit cents wersts de Kamtschatka, et qu'elle est longue d'environ deux cents werste : la seconde de ces îles s'appelle *Umnack;* elle est longue d'environ cent cinquante werstz : une troisième, *Akuten,* a environ quatre-vingts werste de longueur; enfin une quatrième, qui s'appelle *Radjack* ou *Kadjak,* est la plus voisine de l'Amérique. Ces quatre îles sont accompagnées de quatre autres îles plus petites : ce voyageur dit aussi qu'elles sont toutes assez peuplées, et il décrit les habitudes naturelles de ces insulaires, qui vivent sous la terre la plus grande partie de l'année. On a donné le nom d'*îles aux Renards* à ces îles, parce qu'on y trouve beaucoup de renards bruns, noirs et roux.

ainsi que *Stachta nitada,* grande terre à l'est où les Tschutschis commercent, et les pointes des côtes de l'Amérique reconnues par Tschirikow et Behring, qui ne sont pas représentées dans la grande carte de l'empire de Russie, le sont ici d'après celle que l'académie de Pétersbourg a publiée en 1773: mais il faut avouer que la longitude de ces pointes est encore incertaine, et que cette côte occidentale de l'Amérique est bien peu connue au-delà du cap Blanc, qui gît environ sous le 43e degré de latitude. La position de Kamtschatka est aujourd'hui bien déterminée dans la carte russe de 1777, mais celle des terres de l'Amérique vis-à-vis Kamtschatka n'est pas aussi certaine; cependant on ne peut guère douter que la grande terre désignée sous le nom de *Stachta nitada,* et les terres découvertes par Behring et Tschirikow, ne soient des portions du continent de l'Amérique. On assure que le roi d'Espagne a envoyé nouvellement quelques personnes pour reconnoître cette côte occidentale de l'Amérique depuis le cap Mendocin jusqu'au 56e degré de latitude : ce projet me paroît bien conçu; car c'est depuis le 43e au 56e degré qu'il est à présumer qu'on trouvera une communication de la mer Pacifique avec la baie d'Hudson.

La position et la figure du Spitzberg sont tracées sur notre carte d'après celles du capitaine Phipps; le Groenland, les baies de Baffin et d'Hudson, et les grands lacs de l'Amérique, le sont d'après les meilleures cartes des différents voyageurs qui ont découvert ou fréquenté ces parages. Par cette réunion, on aura sous les yeux les gisements relatifs de toutes les parties des continents polaires et des passages tentés pour tourner par le nord et à l'est de l'Asie : on y verra les nouvelles découvertes qui se sont faites dans cette partie de mer, entre l'Asie et l'Amérique jusqu'au cercle polaire; et l'on remarquera que la terre avancée de Szalaginski s'étendant jusqu'au 73 ou 74e degré de latitude, il n'y a nulle apparence qu'on puisse doubler le cap, et qu'on le tenteroit sans succès soit en venant par la mer Glaciale le long des côtes septentrionales de l'Asie, soit en remontant de Kamtschatka et tournant autour de la

terre des Tschutschis; de sorte qu'il est plus que probable que toute cette région au-delà du 74e degré est actuellement glacée et inabordable. D'ailleurs tout nous porte à croire que les deux continents de l'Amérique et de l'Asie peuvent être contigus à cette hauteur, puisqu'ils sont voisins aux environs du cercle polaire, n'étant séparés que par des bras de mer, entre les îles qui se trouvent dans cet espace, et dont l'une paroît être d'une très grande étendue.

J'observerai encore qu'on ne voit pas sur la nouvelle carte de l'empire de Russie la navigation faite en 1646 par trois vaisseaux russes dont on prétend que l'un est arrivé à Kamtschatka par la mer Glaciale : la route de ce vaisseau est même tracée par des points dans la carte publiée par l'académie de Pétersbourg en 1773. J'ai donné ci-devant les raisons qui me faisoient regarder comme très suspecte cette navigation; et aujourd'hui ces mêmes raisons me paroissent bien confirmées, puisque, dans la nouvelle carte russe faite en 1777, on a supprimé la route de ce vaisseau, quoique donnée dans la carte de 1773; et quand même, contre toute apparence, ce vaisseau unique auroit fait cette route en 1646, l'augmentation des glaces depuis cent trente-deux ans pourroit bien la rendre impraticable aujourd'hui, puisque, dans le même espace de temps, le détroit de Waigats s'est entièrement glacé, et que la navigation de la mer du nord de l'Asie, à commencer de l'embouchure de l'Oby jusqu'à celle de Kolima, est devenue bien plus difficile qu'elle ne l'étoit alors, au point que les Russes l'ont pour ainsi dire abandonnée, et que ce n'est qu'en partant de Kamtschatka qu'ils ont tenté des découvertes sur les côtes occidentales de l'Amérique : ainsi nous présumons que si l'on a pu passer autrefois de la mer Glaciale dans celle de Kamtschatka, ce passage doit être aujourd'hui fermé par les glaces. On assure que M. Cook a entrepris un troisième voyage, et que ce passage est l'un des objets de ses recherches : nous attendons avec impatience le résultat de ses découvertes, quoique je sois persuadé d'avance qu'il ne reviendra pas en Europe par la mer Glaciale de l'Asie; mais ce grand

homme de mer fera peut-être la découverte du passage au nord-ouest depuis la mer Pacifique à la baie d'Hudson.

Nous avons ci-devant exposé les raisons qui semblent prouver que les eaux de la baie d'Hudson communiquent avec cette mer; les grandes marées venant de l'ouest dans cette baie suffisent pour le démontrer : il ne s'agit donc que de trouver l'ouverture de cette baie vers l'ouest. Mais on a jusqu'à ce jour vainement tenté cette découverte, par les obstacles que les glaces opposent à la navigation dans le détroit d'Hudson et dans la baie même; je suis donc persuadé que M. Cook ne la tentera pas de ce côté-là, mais qu'il se portera au-dessus de la côté de Californie, et qu'il trouvera le passage sur cette côte au-delà du 43e degré. Dès l'année 1592, *Juan de Fuca*, pilote espagnol, trouva une grande ouverture sur cette côte sous les 47 et 48e degrés, et y pénétra si loin qu'il crut être arrivé dans la mer du Nord. En 1602, d'Aguilar trouva cette côte ouverte sous le 43e degré; mais il ne pénétra pas bien avant dans ce détroit. Enfin on voit, par une relation publiée en Anglois, qu'en 1640 l'amiral de Fonte, Espagnol, trouva sous le 54e degré un détroit ou large rivière, et qu'en la remontant il arriva à un grand archipel, et ensuite à un lac de cent soixante lieues de longueur sur soixante de largeur, aboutissant à un détroit de deux ou trois lieues de largeur, où la marée portant à l'est étoit très violente, et où il rencontra un vaisseau venant de Boston : quoique l'on ait regardé cette relation comme très suspecte, nous ne la rejetterons pas en entier, et nous avons cru devoir présenter ici ces reconnoissances d'après la carte de M. de l'Isle, sans prétendre les garantir; mais en réunissant la probabilité de ces découvertes de de Fonte avec celles de d'Aguilar et de Juan de Fuca, il en résulte que la côte occidentale de l'Amérique septentrionale au-dessus du cap Blanc est ouverte par plusieurs détroits ou bras de mer, depuis le 43e degré jusqu'au 54 ou 55e, et que c'est dans cet intervalle où il est presque certain que M. Cook trouvera la communication avec la baie d'Hudson; et cette découverte achèveroit de le combler de gloire.

Ma présomption à ce sujet est non-seulement fondée sur les reconnoissances faites par d'Aguilar, Juan de Fuca et de Fonte, mais encore sur une analogie physique qui ne se dément dans aucune partie du globe : c'est que toutes les grandes côtes des continents sont pour ainsi dire hachées et entamées du midi au nord, et qu'ils finissent tous en pointe vers le midi. La côte nord-ouest de l'Amérique présente une de ces hachures, et c'est la mer Vermeille ; mais au-dessus de la Californie nos cartes ne nous offrent sur une étendue de quatre cents lieues qu'une terre continue sans rivières et sans autres coupures que les trois ouvertures reconnues par d'Aguilar, Fuca et de Fonte : or cette continuité des côtes, sans anfractuosités, ni baies, ni rivières, est contraire à la nature; et cela seul suffit pour démontrer que ces côtes n'ont été tracées qu'au hasard sur toutes nos cartes, sans avoir été reconnues, et que quand elles le seront, on y trouvera plusieurs golfes et bras de mer par lesquels on arrivera à la baie d'Hudson ou dans les mers inférieures qui la précèdent du côté de l'ouest.

FIN DU TROISIÈME VOLUME.

TABLE

DES ARTICLES CONTENUS DANS CE VOLUME.

HISTOIRE DES MINÉRAUX.

SUITE DE L'INTRODUCTION.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

PARTIE HYPOTHÉTIQUE.

DES ÉPOQUES DE LA NATURE.

FIN DE LA TABLE.

